

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-329930

(P2003-329930A)

(43)公開日 平成15年11月19日(2003. 11. 19)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード*(参考)

G 0 2 B 15/16

G 0 2 B 15/16

2 H 0 8 7

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

D 5 C 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 62 頁)

(21)出願番号 特願2002-141234(P2002-141234)

(22)出願日 平成14年5月16日(2002. 5. 16)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 100065824

弁理士 篠原 泰司 (外1名)

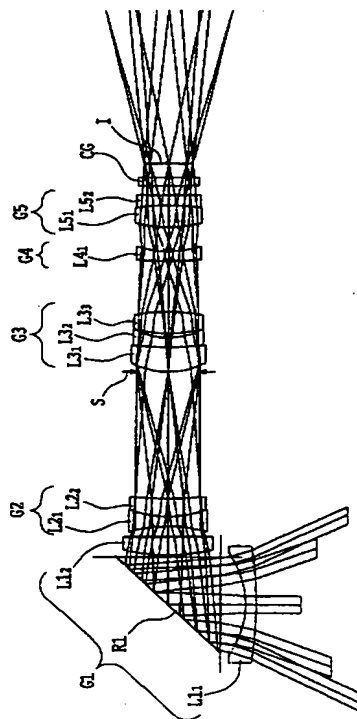
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置

(57)【要約】

【課題】沈胴式鏡筒に見られるような使用状態への立ち上げ時間がなく、防水・防塵上も好ましく、奥行き方向が極めて薄いカメラとするために、光学系の光路を反射光学素子で折り曲げる構成がとりやすく、ズーム比、画角、F値、少ない収差など高い光学仕様性能を有し、さらには、光路折り曲げ後の長さの短縮も可能なズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置を提供する。

【解決手段】変倍時及び合焦動作時に光軸上で固定の最物体側レンズ群G1と、少なくとも合焦動作時に光軸上で固定の最像側レンズ群G5と、レンズ群G1とレンズ群G5との間に位置し、変倍時に光軸上を移動するレンズ群G2～G4を有し、レンズ群G5が、物体側から順に、負レンズ成分L11と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、正レンズ成分L12とで構成され、レンズ群G5が、少なくとも1つの非球面を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 最も物体側に位置し、変倍時及び合焦動作時ともに光軸上固定である最物体側レンズ群と、最も像側に位置し、少なくとも合焦動作時に光軸上固定である最像側レンズ群と、前記最物体側レンズ群と前記最像側レンズ群との間に位置し、変倍時に光軸上を移動する移動レンズ群とを少なくとも有し、前記最物体側レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子と、正レンズ成分とからなり、前記最像側レンズ群が、少なくとも 1 つの非球面を有する、ことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】 物体側から順に、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子を有し、変倍時に固定の最物体側レンズ群としての第 1 レンズ群と、負の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第 1 の移動レンズ群としての第 2 レンズ群と、正の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第 2 の移動レンズ群としての第 3 レンズ群と、最も像側に配置された最像側レンズ群とを有し、無限遠物点合焦時において広角端から望遠端に変倍する際に、前記第 2 レンズ群が像側に凸状の軌跡で往復移動することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 3】 近距離物点への合焦動作に際し、前記第 2 レンズ群を物体側に繰り出すことを特徴とする請求項 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】 前記第 3 レンズ群と前記最像側レンズ群との間に、近距離物点への合焦動作に際し光軸上を移動するレンズ群を配置したことを特徴とする請求項 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 5】 前記第 3 レンズ群が、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分と、単レンズの 2 つのレンズ成分とで構成され、広角端から望遠端に変倍する際に、物体側にのみ移動することを特徴とする請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを有することを特徴とする電子撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置に関し、特にズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置及びそれに用いるズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、銀塩 35mm フィルム（135フォーマット）カメラに代わる次世代カメラとしてデジタル

カメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行きが薄く使い勝手の良好なビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。

【0003】 カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。最近におけるカメラボディ薄型化技術の主流は、撮影時には光学系がカメラボディ内から突出しているが、携帯時には収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することである。沈胴式鏡筒を採用して効果的に薄型化できる可能性を有する光学系の例としては、特開平 11-194274 号公報、特開平 11-287953 号公報、特開 2000-9997 号公報等に記載のものがあある。これらは、物体側から順に負の屈折力を有する第 1 群と、正の屈折力を有する第 2 群を有し、第 1 群、第 2 群共に変倍時には移動する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、沈胴式鏡筒を採用するとレンズ収納状態から使用状態に立ち上げるための時間が掛かり使い勝手上好ましくない。また、最も物体側のレンズ群を可動とすると、防水・防塵上好ましくない。

【0005】 本発明は従来技術のこのような問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラとするために、光学系の光路（光軸）を反射光学素子で折り曲げる構成がとりやすく、ズーム比、画角、F 値、少ない収差など高い光学仕様性能を有するズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置を提供することを目的とする。また、奥行き方向ばかりではなく光路折り曲げ後の長さの短縮も可能なズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本第 1 の発明によるズームレンズは、最も物体側に位置し、変倍時及び合焦動作時ともに光軸上固定である最物体側レンズ群と、最も像側に位置し、少なくとも合焦動作時に光軸上固定である最像側レンズ群と、前記最物体側レンズ群と前記最像側レンズ群との間に位置し、変倍時に光軸上を移動する移動レンズ群とを少なくとも有し、前記最物体側レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子と、正レンズ成分とからなり、前記最像側レン

ズ群が、少なくとも1つの非球面を有することを特徴とする。

【0007】また、本第2の発明によるズームレンズは、物体側から順に、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子を有し、変倍時に固定の最物体側レンズ群としての第1レンズ群と、負の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第1の移動レンズ群としての第2レンズ群と、正の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第2の移動レンズ群としての第3レンズ群と、最も像側に配置された最像側レンズ群とを有し、無限遠物点合焦時において広角端から望遠端に変倍する際に、前記第2レンズ群が像側に凸状の軌跡で往復移動することを特徴とする。

【0008】また、本第3の発明によるズームレンズは、本第2の発明において、近距離物点への合焦動作に際し、前記第2レンズ群を物体側に繰り出すことを特徴とする。

【0009】また、本第4の発明によるズームレンズは、本第2の発明において、前記第3レンズ群と前記最像側レンズ群との間に、近距離物点への合焦動作に際し光軸上を移動するレンズ群を配置したことを特徴とする。

【0010】また、本第5の発明によるズームレンズは、本第2～第4のいずれかの発明において、前記第3レンズ群が、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分と、単レンズの2つのレンズ成分とで構成され、広角端から望遠端に変倍する際に、物体側にのみ移動することを特徴とする。

【0011】また、本第6の発明による電子撮像装置は、本第1～第5のいずれかの発明のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを有することを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】実施例の説明に先立ち、本発明において上記構成を採用する理由及び作用について説明す

$$1.0 < -f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 2.5 \quad \dots(1)$$

$$1.4 < f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 3.2 \quad \dots(2)$$

$$0.7 < d/L < 2.0 \quad \dots(3)$$

$$1.55 < n_{pri} \quad \dots(4)$$

ただし、 f_{11} は最物体側レンズ群における、負レンズ成分の焦点距離、 f_{12} は最物体側レンズ群における、正レンズ成分の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離、 d は最物体側レンズ群における負レンズ成分の像側面頂から正レンズ成分の物体側面頂までの光軸上に沿って測った空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域（ほぼ矩形）の対角長、 n_{pri} は第1レンズ群の光路折り曲げ素子である反射光学素子がプリズムの場合における d 線での媒質の屈折率である（なお、本願においてレンズ成分とは、最も物体側のレ

る。本発明におけるズームレンズ系の基本的構成は、変倍時に移動するレンズ群を含み、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく防水・防塵上も有利となるように、レンズ系の最も物体側にあるレンズ群（以下、第1レンズ群と呼ぶ）を変倍時および合焦時ともに不動とし、また、カメラの奥行き方向を極めて薄くするために、レンズ系の最も物体側にある第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射光学素子を設けている。

【0013】しかし、前記第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射光学素子を設けると必然的に入射瞳が深くなり、前記第1レンズ群を構成する各光学エレメントの径やサイズはもともと大きい、それがさらに肥大化し、ひいては光路折り曲げが物理的に成立しなくなる。そこで、前記第1レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズと、光路を折り曲げるための反射光学素子と、正レンズとで構成することで入射瞳を浅くする。

【0014】一方、このように、光路折り曲げ実施のためのスペース確保の関係上、前記第1レンズ群の負レンズと正レンズは、各々ある程度以上の強いパワーを有しながら互いに距離をおいて配置することになる。このため、コマ収差、非点収差、歪曲収差など各軸外収差がどうしても悪化するが、これは最も像側のレンズ群（最終レンズ群）に非球面を導入することで補正が可能となる。

【0015】また、前記最終レンズ群の非球面による軸外収差補正量はかなり大きく、これを用いてリアフォーカスを行なうと軸外収差は著しく変動する。従って、最終レンズ群は合焦時には不動とし、別のレンズ群を移動して合焦するほうがよい。

【0016】上記折り曲げを物理的に成立させるには、次の条件式(1)、(2)を、さらに条件式(3)、(4)を満足するのがよい。

レンズ面と最も像側のレンズ面のみが空気間隔と接し、かつ、その間に空気間隔を含まないレンズであり、単レンズ又は接合レンズを1単位とする。)

【0017】入射瞳を浅くして、光路折り曲げを物理的に可能にするには、条件式(1)、(2)のように第1レンズ群を構成する両端のレンズエレメントのパワーを強くするのがよい。条件式(1)、(2)の上限値をとともに上回ると、入射瞳は深いままであり、ある程度の画角を確保しようとする、第1レンズ群を構成する各光学エレメントの径やサイズが肥大化し、光路折り曲げが物理的に成立しにくくなる。一方、条件式(1)、(2)の下限値を下回

ると、逆に第1レンズ群における正レンズの径が肥大化し、コマ収差、非点収差、歪曲収差など軸外収差の補正が困難になる。

【0018】条件式(3)は光路を折り曲げるための反射光学素子を設けるために必要な光軸に沿って測った長さを規定する条件式である。条件式(3)の値は出来る限り小さい方がよいが、下限値を下回ると、光路折り曲げが成立しないか、あるいは画面周辺部の結像に寄与する光束が満足に像面に達しなく、さらにゴーストが発生しやすい。一方、条件式(3)の上限値を上回ると、条件式(1)、(2)の場合と同様に、各軸外収差補正が困難になる。

【0019】以上の観点から、条件式(3)の空気換算長

$$1.2 < -f_{11}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 2.2 \quad \dots(1')$$

$$1.5 < f_{12}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 3.0 \quad \dots(2')$$

$$0.8 < d/L < 1.8 \quad \dots(3')$$

$$1.65 < n_{pri} \quad \dots(4')$$

さらに、次の条件式(1''), (2''), (3''), (4'')のうち少なくともいずれか1つを満たすと最も良い。

$$1.4 < -f_{11}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 1.9 \quad \dots(1'')$$

$$1.6 < f_{12}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 2.8 \quad \dots(2'')$$

$$0.9 < d/L < 1.6 \quad \dots(3'')$$

$$1.75 < n_{pri} \quad \dots(4'')$$

【0021】また、上述のように、第1レンズ群の負レンズと正レンズとを各々ある程度以上の強いパワーを有しながら互いに距離をおいて配置すると、変倍に伴う倍

$$2.6 < \nu_{1N} \quad \dots(5)$$

$$-0.15 < \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_1 < 0.5 \quad \dots(6)$$

ただし、 ν_{1N} は最物体側レンズ群の負の単レンズの媒質のd線基準でのアッペ数、 f_1 は最物体側レンズ群の焦点距離である。

【0022】条件式(5)の下限値を下回ると、倍率色収差の変倍時における変動が大きくなり好ましくない。なお、条件式(5)の上限値についての制限はない。条件式(6)の上限値を上回ると、軸外収差補正や色収差補正が

$$3.0 < \nu_{1N} \quad \dots(5')$$

$$-0.1 < \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_1 < 0.4 \quad \dots(6')$$

さらに、次の条件式(5''), (6'')のいずれかを満たすと最も良い。

$$3.3 < \nu_{1N} \quad \dots(5'')$$

$$-0.05 < \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_1 < 0.3 \quad \dots(6'')$$

【0023】以上のことから、本発明のズームレンズは、最物体側のレンズ群は変倍時合焦時ともに不動であり、物体側から順に、負レンズと、光路を折り曲げるための反射光学素子と、正レンズとで構成し、最も像側のレンズ群に非球面を導入し、合焦時には不動とし、前記2つの群の間に変倍のために可動であるレンズ群を設けた構成とするのがよい。

【0024】次に、光路を折り曲げるための反射光学素子を有するズームレンズの変倍と合焦の方法について述べる。変倍方式としては、次の3つの方式が考えられる。

dを短くするために、第1レンズ群の光路折り曲げ素子は、入射面と射出面とが平面、もしくは、その両サイドに位置するレンズのレンズ面の曲率とは異なる面を持つプリズムとし、その媒質屈折率が条件式(4)を満たすようにするのがよい。条件式(4)の下限値を下回ると、光路折り曲げが物理的に成立しにくくなるか、各軸外収差補正が困難になる。ただし、条件式(4)は上限値を1.9として、これを超えないようにするとよい。上限値1.9を上回ると、プリズムの材料が高くなる。

【0020】なお、次の条件式(1'), (2'), (3'), (4')のうち少なくともいずれか1つを満たすとさらに良い。

率色収差の変動量も大きくなりがちになる。従って、次の条件式(5), (6)も満足するのがよい。

困難になり、特に、倍率色収差は条件式(5)を満たしても、補正が困難になる場合が生ずる。一方、条件式(6)の下限値を下回ると、変倍のために移動するレンズ群が移動することによる収差変動が大きくなる場合が生ずる。なお、次の条件式(5'), (6')のいずれかを満たすとさらに良い。

①物体側から順に、負の屈折力を有し反射光学素子を含み不動の第1レンズ群と、正の屈折力を有し広角端から望遠端への変倍時に物体側へのみ移動する第2レンズ群と、変倍時と合焦時ともに移動可能である第3レンズ群と、非球面を有し不動の最終レンズ群とからなるズーム方式。

②物体側から順に、正の屈折力を有し反射光学素子を含み不動の第1レンズ群と、負の屈折力を有し広角端から望遠端への変倍時に像側へのみ移動する第2レンズ群と、変倍時に第2レンズ群と反対方向へのみ移動する第3レンズ群と、合焦時に移動可能な最終レンズ群とから

なるズーム方式。

③物体側から順に、正の屈折力を有し反射光学素子を含み不動の第1レンズ群と、負の屈折力を有し広角端から望遠端への変倍時に像側へ凸の往復運動をする第2レンズ群と、正の屈折力を有し広角端から望遠端への変倍時に物体側へのみ移動する第3レンズ群と、非球面を有し不動の最終レンズ群とからなるズーム方式。

【0025】まず、上記①の方式には、変倍比確保の関係上、第3レンズ群にパワーをつけにくく、移動量が大きくなりすぎる欠点がある。移動量が大きくなるとフォーカスが遅くなる上、電力消費量も多くなる。次に、上記②の方式には、第1レンズ群の物体側の負レンズのパワーが弱い、又は、第1レンズ群の像側の正レンズのパワーが強すぎるため、入射瞳を浅くすることや、軸外

$$0.3 < -\beta R_w < 0.8 \quad \dots(7)$$

$$0.8 < f R_w / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 1.8 \quad \dots(8)$$

ただし、 βR_w は無限遠物点合焦時での広角端における第3レンズ群以降の合成倍率、 $f R_w$ は無限遠物点合焦時での広角端における第3レンズ群以降の合成焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0027】条件式(7)の下限値を下回ると、ズームレンズ全系において十分高い変倍率が得られない、移動スペースが大きくなりすぎサイズが肥大化する。一方、

$$0.35 < -\beta R_w < 0.75 \quad \dots(7')$$

$$0.9 < f R_w / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 1.6 \quad \dots(8')$$

さらに、次の条件式(7''), (8'')のいずれかを満たすと最も良い。

$$0.4 < -\beta R_w < 0.7 \quad \dots(7'')$$

$$1.0 < f R_w / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 1.5 \quad \dots(8'')$$

【0029】また、より近距離物点への合焦方法については、第2レンズ群を物体側に繰り出すか、あるいは、第3レンズ群と最も像側のレンズ群との間に合焦のために可動である別のレンズ群を設けてそれを光軸上で移動

$$0.16 < D_{12min} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.26 \quad \dots(9)$$

ただし、 D_{12min} は無限遠物点合焦時の第1レンズ群と第2レンズ群との間の取り得る範囲での最小値、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0030】第2レンズ群は、わずかな移動量でかなりの近距離物点まで合焦することが可能であるが、条件式

$$0.17 < D_{12min} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.24 \quad \dots(9')$$

さらに、次の条件式(9'')を満たすと最も良い。

$$0.18 < D_{12min} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.22 \quad \dots(9'')$$

【0031】一方、近距離物点への合焦方法として第3レンズ群と最も像側のレンズ群との間に合焦のために可

$$1.0 < |f_F| / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 6.0 \quad \dots(10)$$

ただし、 f_F は第3レンズ群と最像側レンズ群との間に配置された、近距離物点への合焦動作に際し光軸上を移

諸収差の補正、倍率色収差の補正等についての困難さがある。そこで、本発明においては、上記③の方式を採用した。具体的には、物体側から順に、光路を折り曲げるための反射光学素子を有し変倍時固定の第1レンズ群と、負の屈折力を有し変倍時可動の第2レンズ群と、正の屈折力を有し変倍時可動の第3レンズ群と、最終レンズ群を有し、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際、前記第2レンズ群が光軸上に像側に凸状の軌跡で移動する(往復運動する)ズームレンズとしている。このようにすると、上述した上記①②の方式の欠点を解消できる。

【0026】さらに、次の条件式(7), (8)を満たすとよい。

条件式(7)の上限値を上回るとは理屈上稀有であるが、やはり移動スペースを多く必要とする。条件式(8)の下限値を下回ると、第3レンズ群以降の合成系倍率が低下することにより変倍効率が悪化する。一方、条件式(7)の上限値を上回ると、第3レンズ群以降の合成系焦点距離が長くなることにより変倍効率が悪化する。

【0028】なお、次の条件式(7'), (8')のいずれかを満たすとさらに良い。

も良い。

させるようにするのがよい。近距離物点への合焦方法として第2レンズ群を物体側に繰り出す場合は、次の条件式(9)を満足するとよい。

(9)の下限値を下回ると、第2レンズ群を合焦のために移動するスペースが不足し、第1レンズ群と干渉するか、または、より近距離物点への合焦が不可能になる。一方、条件式(9)の上限値を上回ると、入射瞳が深くなりやすく、浅くしようとすることで収差補正や倍率確保に支障をきたしやすい。なお、次の条件式(9'')を満たすとさらに良い。

動である別のレンズ群を設けてそれを光軸上で移動させる場合は、次の条件式(10)を満足するとよい。

動するレンズ群の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠

端における全系の焦点距離である。

【0032】条件式(10)の上限値を上回ると、フォーカス時に移動するレンズ群の移動量が大きくなり好ましくない。一方、条件式(10)の下限値を下回ると、軸外諸収

$$1.5 < |fF|/\sqrt{(fw \cdot fT)} < 5.0 \quad \dots(10')$$

さらに、次の条件式(10'')を満たすとさらに良い。

$$2.0 < |fF|/\sqrt{(fw \cdot fT)} < 4.0 \quad \dots(10'')$$

【0033】次に、変倍率確保や収差補正を良好に行うための方法について述べる。この両方に深く関与するのは第3レンズ群の構成である。構成枚数は多い方が有利であるが、小型化という最大の目的達成に支障がある。このため、極力少ない枚数で構成することが重要である。前記第3レンズ群は変倍機能を担うため、広角端から望遠端に変倍する際、物体側にのみ移動することになるが、収差補正に関して、第3レンズ群内を構成するのに必要なレンズ枚数は、正レンズ1枚と負レンズ1枚を含む合計3枚で足りる。しかし、負レンズの偏心敏感度(単位偏心量に対する収差の増大量)が大きい。このため、上記負レンズを第3レンズ群内のいずれかの正レンズと接合するのがよい。従って、第3レンズ群内の構成は、

A. 物体側から順に、正の単レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズ成分

B. 物体側から順に、正レンズと負レンズの接合レンズ成分と、単レンズの2通りとなる。

【0034】また、変倍時に移動する第2レンズ群と第3レンズ群の移動スペースを小さく抑えるために、第3レンズ群の倍率は中間焦点距離にて-1倍になるようにするのがよい。しかしながら、本発明の第1レンズ群を

$$0.4 < R_{c3}/R_{c1} < 0.85 \quad \dots(11A)$$

$$0.8 < R_{c3}/R_{c1} < 1.3 \quad \dots(11B)$$

ただし、 R_{c3} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{c1} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

【0038】条件式(11A)、(11B)の上限値を上回ると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利であるが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少な

$$0.5 < R_{c3}/R_{c1} < 0.8 \quad \dots(11'A)$$

$$0.85 < R_{c3}/R_{c1} < 1.2 \quad \dots(11'B)$$

さらに、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(11'A)を満足し、第3レンズ群を上記B

$$0.6 < R_{c3}/R_{c1} < 0.7 \quad \dots(11''A)$$

$$0.9 < R_{c3}/R_{c1} < 1.1 \quad \dots(11''B)$$

【0039】さらには、色収差補正に関し、次の条件式(12A)、(13A)(以上、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合)、あるいは条件式(12B)、(13B)(以上、第

$$-0.3 < L/R_{c2} < 1.0 \quad \dots(12A)$$

差の補正が困難になるか、または、変倍時の射出瞳位置の変動量が大きくなりすぎ、シェーディングをきたしてやすい。なお、次の条件式(10')を満たすとさらに良い。

の系による像点、すなわち第3レンズ群に対する物点が通常よりも物体側に遠のくために、第3レンズ群の倍率はゼロ寄りとなり移動スペースが多く必要となる。

【0035】しかるに、第3レンズ群を上記Aのように構成した場合は、第3レンズ群の前側主点がより物体側に位置するためにその不利を解消できる利点がある。同様に後側主点もまた、より物体側に位置するために、第3レンズ群以降に無駄なスペースが出来ない。従って、光路折り曲げ個所以降の長さを短くするのに有効である。一方、第3レンズ群を上記Aのように構成した場合は、射出瞳位置が近くなる傾向があることと、変倍によるF値の変化量が大きく望遠端にて回折の影響を受けやすくなるという欠点がある。そこで、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、小型にしやすいことと併せてやや大きめの撮像素子を利用するのに向いている。

【0036】一方、第3レンズ群を上記Bのように構成した場合は、その逆で、長さが上記Aのように構成した場合よりも長くなるが、射出瞳位置や変倍時のF値変化の点で有利なため、小さめの撮像素子が向いている。

【0037】なお、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(11A)を満足し、第3レンズ群を上記Bのように構成する場合は、次の条件式(11B)を満足するとよい。

い。一方、条件式(11A)、(11B)の下限値を下回ると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。なお、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(11'A)を満足し、第3レンズ群を上記Bのように構成する場合は、次の条件式(11'B)を満足するとさらに良い。

のように構成する場合は、次の条件式(11''B)を満足すると最も良い。

3レンズ群を上記Bのように構成する場合)を満たすと良い。

11

$$1.5 < \nu_{CP} - \nu_{CN} \quad \dots (13A)$$

$$-0.1 < L/R_{C2} < 0.8 \quad \dots (12B)$$

$$1.5 < \nu_{CP} - \nu_{CN} \quad \dots (13B)$$

ただし、Lは使用する撮像素子の対角長 (mm) である。なお、前記撮像素子については広角端画角が55度以上を含むように使用することが前提である。R_{C2}は第3レンズ群における接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{CP} は第3レンズ群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のアッペ数、 ν_{CN} は第3レンズ群の接合レンズ成分における負レンズの媒質のアッペ数である。

【0040】条件式(12A)、(12B)の下限値を下回ると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利であるが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に、基準波長における球面収差が良好に補正できて短波長の球面収差はオー

$$-0.1 < L/R_{C2} < 0.8 \quad \dots (12'A)$$

$$2.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN} \quad \dots (13'A)$$

$$0 < L/R_{C2} < 0.6 \quad \dots (12'B)$$

$$2.0 < \nu_{CP} - \nu_{CN} \quad \dots (13'B)$$

【0042】さらに、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(12'A)、(13'A)のうち少なくともいずれか1つを満たし、あるいは第3レンズ群を上

$$0.1 < L/R_{C2} < 0.6 \quad \dots (12''A)$$

$$2.5 < \nu_{CP} - \nu_{CN} \quad \dots (13''A)$$

$$0.15 < L/R_{C2} < 0.4 \quad \dots (12''B)$$

$$2.5 < \nu_{CP} - \nu_{CN} \quad \dots (13''B)$$

【0043】また、上記条件式(13A)、(13'A)、(13''A)、(13B)、(13'B)、(13''B)については、 $\nu_{VCP} - \nu_{VCN}$ が90を超えないように定めても良い。上限値90を超える媒質の組み合わせは自然界には存在しない。さらに、 $\nu_{VCP} - \nu_{VCN}$ が60を超えないようにするのが望ましい。上限値60を超えると、用いる材料が高価になっ

$$-2.0 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 1.0 \quad \dots (14)$$

ただし、R_{1PF}は最物体側レンズ群の正レンズ成分の物体側面の光軸上での曲率半径、R_{1PR}は最物体側レンズ群の正レンズ成分の像側面の光軸上での曲率半径である。

$$-1.7 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 0.5 \quad \dots (14')$$

さらに、次の条件式(14'')を満たすと最も良い。

$$-1.4 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 0.1 \quad \dots (14'')$$

【0046】また、第2レンズ群に関しては、焦点距離が長いため、物体側から順に、負レンズと、正レンズの2枚の構成で十分である。さらには、接合すると偏心敏

$$-1.5 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < 0.8 \quad \dots (15)$$

ただし、R_{2F}は第2レンズ群(接合レンズ成分)の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、R_{2R}は第2レンズ群

12

パーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。一方、(9A)、(9B)の上限値を上回ると、軸上色収差・倍率色収差が補正不足や短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。条件式(10A)、(10B)の下限値を下回ると、軸上色収差が補正不足になりやすい。一方、条件式(10A)、(10B)の上限値を上回る媒質の組み合わせは自然界には存在しない。

【0041】なお、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(12'A)、(13'A)のうち少なくともいずれか1つを満たし、あるいは第3レンズ群を上記Bのように構成する場合は、次の条件式(12'B)、(13'B)のうち少なくともいずれか1つを満たすとさらに良い。

記Bのように構成する場合は、次の条件式(12'B)、(13'B)のうち少なくともいずれか1つを満たすと最も良い。

てしまう。

【0044】さらに、本発明のズームレンズは、第1レンズ群における物体側負レンズに非球面を導入するのがよい。さらに、第1レンズ群における像側正レンズが、次の条件式(14)を満たすとよい。

【0045】条件式(14)の上限値を上回ると、高次の倍率色収差が発生しやすい。一方、条件式(14)の下限値を下回ると、入射瞳が深くなりやすい。なお、次の条件式(14')を満たすとさらに良い。

感度を低減出来好ましい。そして、前記接合レンズ成分が、次の条件式(15)を満たすとよい。

(接合レンズ成分)の最も像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0047】条件式(15)の上限値を上回ると、入射瞳が深くなりやすい。一方、条件式(15)の下限値を下回ると、

$$-1.2 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < 0.5 \quad \dots(15')$$

さらに、次の条件式(15'')を満たすと最も良い。

$$-0.9 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < 0.2 \quad \dots(15'')$$

【0048】ところで、本発明のような光路折り曲げ式のズームレンズの場合、撮像素子の小型化に伴う光学系の小型化の割合は上述の鏡筒沈胴式のズームレンズに比

$$F \geq a$$

を満足する関係となるほどに小さな電子撮像素子を使用して、本発明のズームレンズを使用すると効果的である。その際、次に述べるような工夫をするとさらに良い。

【0049】撮像素子が小さくなると画素ピッチも比例して小さくなり、回折の影響による画質劣化が無視できなくなる。特に、広角端での開放F値と使用する電子撮像素子の水平画素ピッチa(μm)との関係が、上記条件式(16)を満足するまで縮小化した場合、開放のみの使用しか出来なくなる。従って、F値を決める開口絞りは内径を固定とし、さらに開口絞りの挿脱や抜き差し交換をも行わないようにする。そのうえで、前記開口絞り

10

20

30

と、各種の軸外収差が発生しやすい。なお、次の条件式(15')を満たすとさらに良い。

べて大きい。従って、カメラをさらに薄くするために電子撮像素子の水平画素ピッチa(μm)をズームレンズの広角端での開放F値に対して、次の条件式(16)

$$\dots(16)$$

光路のどの位置に入れても問題ないため、元々スペースの余裕のある空間に入れると良い。特に本発明の場合、変倍のために移動するレンズ群と撮像素子との間に挿入するのが良い。透過率可変手段としては透過率が電圧等で可変であるものをを用いたり、異なった透過率を有する複数のフィルターを挿脱や抜き差し交換して組み合わせても良い。また、電子撮像素子に導かれる光束の受光時間を調節するシャッターを開口絞りとは別の空間に配置するのが良い。

【0051】また、広角端の開放F値と使用する電子撮像素子の水平画素ピッチa(μm)との関係において、上記条件式(16)(F ≥ a)を満たす場合は、光学ローパスフィルターはなくても良い。つまり、ズームレンズ系と撮像素子との間の光路上の媒質はすべて空気あるいは非結晶媒質のみとして良い。回折と幾何収差による結像特性の劣化のために折り返し歪みを生じさせる周波数成分が、ほとんどないからである。あるいは、前記ズームレンズ系と前記電子撮像素子との間にある各々の光学素子は媒質境界面が全てほぼ平面であり、かつ、光学ローパスフィルターのような空間周波数特性変換作用がないものを使用する構成でも良い。

【0052】なお、本発明に用いるズームレンズは、次の条件式(17)を満たすと良い。

$$\dots(17)$$

度を上回ると、歪曲収差が起こりやすく、また、第1レンズ群を小型に構成することが難しくなる。従って、電子撮像装置の薄型化が難しくなる。

【0054】最後に、赤外カットフィルターを薄くするための要件について説明する。電子撮像装置においては、通常赤外光が撮像面に入射しないように、一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。光学系を短くあるいは薄くするために、赤外吸収フィルターを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。すると、当然その分薄くなるが、副次的効果がある。前記ズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が8%以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも波

ただし、fTは望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、fwは広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。条件式(17)の下限値を下回ると、ズームレンズ全系の変倍比が1.8よりも小さくなってしまふ。更には、fT/fwが5.5を上回らないようにするのがより好ましい。5.5を上回ると変倍比が大きくなり、変倍時に移動するレンズ群の移動量が大きくなりすぎるために、光路を折り曲げた方向での大型化が起こり、コンパクトな撮像装置が達成できなくなる。

【0053】また、本発明に用いる電子撮像素子においては、広角端全画角が55度以上を有することが前提である。55度は電子撮像装置に通常求められる広角端全画角である。また、電子撮像装置における広角端画角は80度以下であるのが好ましい。上記広角端画角が80

40

50

長700nm以上の近赤外領域の透過率が低く、かつ、相対的に赤側の透過率が高くなる。そして、補色モザイクフィルターを有するCCDなど固体撮像素子の欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCDなど固体撮像素子並

$$\tau 600 / \tau 550 \geq 0.8 \quad \cdots(18)$$

$$\tau 700 / \tau 550 \leq 0.08 \quad \cdots(19)$$

ただし、 $\tau 600$ は波長600nmでの透過率、 $\tau 550$ は波長550nmでの透過率、 $\tau 700$ は波長700

$$\tau 600 / \tau 550 \geq 0.85 \quad \cdots(18')$$

$$\tau 700 / \tau 550 \leq 0.05 \quad \cdots(19')$$

さらに、次の条件式(18''), (19'')を満たすと最も良い。

$$\tau 600 / \tau 550 \geq 0.9 \quad \cdots(18'')$$

$$\tau 700 / \tau 550 \leq 0.03 \quad \cdots(19'')$$

【0056】CCD等の固体撮像素子のもう1つの欠点は、近紫外域の波長550nmに対する感度が人間の目のそれよりもかなり高いことである。これも近紫外域の色収差による画像のエッジ部の色にじみを目立たせている。特に光学系を小型化すると致命的である。従って、波長400nmでの透過率($\tau 400$)の波長550nmでの透過率($\tau 550$)に対する比が0.08を下回

$$\tau 400 / \tau 550 \leq 0.08 \quad \cdots(20)$$

$$\tau 440 / \tau 550 \geq 0.4 \quad \cdots(21)$$

なお、次の条件式(20'), (21')を満たすとさらに良い。

$$\tau 400 / \tau 550 \leq 0.06 \quad \cdots(20')$$

$$\tau 440 / \tau 550 \geq 0.5 \quad \cdots(21')$$

さらに、次の条件式(21''), (22'')を満たすと最もよい。

$$\tau 400 / \tau 550 \leq 0.04 \quad \cdots(21'')$$

$$\tau 440 / \tau 550 \geq 0.6 \quad \cdots(22'')$$

なお、これらのフィルターの設置場所は結像光学系と撮像素子との間が良い。

【0058】一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから原色フィルター付きCCDと比べて実質的感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。

【0059】なお、上記各条件式や各構成は適宜組み合わせることにより良好な電子撮像装置を構成できる。また、各条件式においては、その上限値のみ、もしくは下限値のみを、より好ましい条件式の対応する上限値、下限値で限定してもよい。また、後述の各実施例に記載の条件式の対応値を上限値または下限値としてもよい。

【0060】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

第1実施例

図1は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図2は第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断

みの色再現を得ることができる。また、原色・補色に限らず、植物や人肌の様に近赤外領域に強い反射率を有するものの色再現が改善される。

【0055】即ち、次の条件式(18), (19)を満たすのが望ましい。

$$\cdots(18)$$

$$\cdots(19)$$

nmでの透過率である。なお、次の条件式(18'), (19')を満たすとさらに良い。

$$\cdots(18')$$

$$\cdots(19')$$

り、波長440nmでの透過率($\tau 440$)の波長550nmでの透過率($\tau 550$)に対する比が0.4を上回るような吸収体あるいは反射体を光路上に挿入すれば、色再現に必要な波長域を失わず(良好な色再現を保ったまま)色にじみなどのノイズがかなり軽減される。

【0057】即ち、次の条件式(20), (21)を満たすのが望ましい。

$$\cdots(20)$$

$$\cdots(21)$$

$$\cdots(20')$$

$$\cdots(21')$$

$$\cdots(21'')$$

$$\cdots(22'')$$

面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図3～図5は第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図3は広角端、図4は中間、図5は望遠端での状態を示している。図6～図8は第1実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図6は広角端、図7は中間、図8は望遠端での状態を示している。

【0061】第1実施例の電子撮像装置は、図1に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図1中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL

1₂とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子R 1は、光路を90° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G 2は、物体側から順に、両凹負レンズL 2₁と物体側に凸面を向けた正メネスカスレンズL 2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メネスカスレンズL 3₁と物体側に凸面を向けた負メネスカスレンズL 3₂との接合レンズと、両凸正レンズL 3₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4

【0062】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G 1及び第5レンズ群G 5は位置が固定され、第2レンズ群G 2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G 1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G 1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G 3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第2レンズ群G 2が物体側に繰り出され、第4レ

数値データ 1

$$r_1 = 27.7123$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.80610$$

$$\nu_{d1} = 40.92$$

$$r_2 = 5.9116 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.7000$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 6.8000$$

$$n_{d3} = 1.80610$$

$$\nu_{d3} = 40.92$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0.1500$$

$$r_5 = 11.2199$$

$$d_5 = 1.3000$$

$$n_{d5} = 1.72916$$

$$\nu_{d5} = 54.68$$

$$r_6 = -569.8906$$

$$d_6 = D_6$$

$$r_7 = -8.0963$$

$$d_7 = 0.7000$$

$$n_{d7} = 1.72916$$

$$\nu_{d7} = 54.68$$

$$r_8 = 6.5000$$

$$d_8 = 1.3000$$

$$n_{d8} = 1.84666$$

$$\nu_{d8} = 23.78$$

$$r_9 = 24.9922$$

$$d_9 = D_9$$

$$r_{10} = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_{10} = 0$$

$$r_{11} = 4.5958 \text{ (非球面)}$$

$$d_{11} = 1.8000$$

$$n_{d11} = 1.74320$$

$$\nu_{d11} = 49.34$$

$$r_{12} = 20.0000$$

$$d_{12} = 0.7000$$

$$n_{d12} = 1.84666$$

$$\nu_{d12} = 23.78$$

ンズ群G 4が光軸上を移動するようになっている。なお、第1レンズ群G 1と第5レンズ群G 5は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G 1中の物体側に凸面を向けた負メネスカスレンズL 1₁の像側の面、第3レンズ群G 3中の物体側に凸面を向けた正メネスカスレンズL 3₁の物体側の面、第5レンズ群G 5中の両凸正レンズL 5₁の物体側の面に設けられている。

【0063】次に、第1実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。なお、第1実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、…は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、…は各レンズの肉厚または空気間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} 、…は各レンズのd線での屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} 、…は各レンズのアッペ数、Fno. はFナンバー、 f は全系焦点距離、 D_0 は物体から第1面までの距離を表している。なお、非球面形状は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を K 、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+K)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

【0064】

19

20

$r_{13} = 4.4049$		
$d_{13} = 0.3000$		
$r_{14} = 7.9947$		
$d_{14} = 1.6000$	$n_{d14} = 1.72916$	$\nu_{d14} = 54.68$
$r_{15} = -10.0877$		
$d_{15} = D15$		
$r_{16} = 19.9833$		
$d_{16} = 0.7000$	$n_{d16} = 1.48749$	$\nu_{d16} = 70.23$
$r_{17} = 6.0725$		
$d_{17} = D17$		
$r_{18} = 7.4083$ (非球面)		
$d_{18} = 1.6000$	$n_{d18} = 1.74320$	$\nu_{d18} = 49.34$
$r_{19} = -12.0000$		
$d_{19} = 0.7000$	$n_{d19} = 1.84666$	$\nu_{d19} = 23.78$
$r_{20} = 40.3531$		
$d_{20} = 0.7000$		
$r_{21} = \infty$		
$d_{21} = 0.6000$	$n_{d21} = 1.51633$	$\nu_{d21} = 64.14$
$r_{22} = \infty$		
$d_{22} = D22$		
$r_{23} = \infty$ (撮像面)		
$d_{23} = 0$		

【0065】

非球面係数

第2面

K=0

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -6.4155 \times 10^{-4} \quad A_6 = 2.5228 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -8.7694 \times 10^{-7} \quad A_{10} = 0$$

第11面

K=0

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -1.0160 \times 10^{-3} \quad A_6 = 4.6636 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.0125 \times 10^{-6} \quad A_{10} = 0$$

第18面

K=0

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -9.6507 \times 10^{-5} \quad A_6 = -5.2496 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 4.9151 \times 10^{-6} \quad A_{10} = 0$$

【0066】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.25089	5.63716	9.74797
Fno.	2.6146	3.2986	4.4792
D0	∞	∞	∞
D6	0.79869	2.93966	0.79967
D9	9.23582	3.96028	0.89698
D15	3.71237	6.47491	11.24992
D17	1.81385	2.18422	2.61424
D22	1.00000	1.00000	1.00000

D0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (16cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D0	162.6560	162.6560	162.6560

D 6	0.79869	2.93966	0.79967
D 9	9.23582	3.96028	0.89698
D 1 5	3.86053	6.90038	12.50997
D 1 7	1.66569	1.75875	1.35418
D 2 2	1.00000	1.00000	1.00000

【0067】第2実施例

図9は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第2実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図10は第2実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図11～図13は第2実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図11は広角端、図12は中間、図13は望遠端での状態を示している。図14～図16は第2実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図14は広角端、図15は中間、図16は望遠端での状態を示している。

【0068】第2実施例の電子撮像装置は、図9に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図9中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4を有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成さ

れている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂との接合レンズと、両凸正レンズL3₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、両凹負レンズL4₁'と両凸正レンズL4₂との接合レンズで構成されている。

【0069】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第2レンズ群G2が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁の物体側の面、第4レンズ群G4中の両凸正レンズL4₂の像側の面に設けられている。

【0070】次に、第2実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ2

r ₁ = 26.5948			
d ₁ = 0.7000	n _{d1} = 1.80610	v _{d1} = 40.92	
r ₂ = 5.6908 (非球面)			
d ₂ = 1.7000			
r ₃ = ∞			
d ₃ = 6.8000	n _{d3} = 1.80610	v _{d3} = 40.92	
r ₄ = ∞			
d ₄ = 0.1500			
r ₅ = 12.8103			
d ₅ = 1.7000	n _{d5} = 1.72916	v _{d5} = 54.68	
r ₆ = -36.8350			
d ₆ = D 6			
r ₇ = -6.9505			
d ₇ = 0.7000	n _{d7} = 1.69700	v _{d7} = 48.52	

23

24

$r_8 = 5.0000$
 $d_8 = 1.5500$ $n_{d8} = 1.84666$ $v_{d8} = 23.78$
 $r_9 = 16.5460$
 $d_9 = D_9$
 $r_{10} = \infty$ (絞り)
 $d_{10} = 0$
 $r_{11} = 4.4396$ (非球面)
 $d_{11} = 1.8000$ $n_{d11} = 1.74320$ $v_{d11} = 49.34$
 $r_{12} = 19.0000$
 $d_{12} = 0.7000$ $n_{d12} = 1.84666$ $v_{d12} = 23.78$
 $r_{13} = 4.3099$
 $d_{13} = 0.3000$
 $r_{14} = 7.9340$
 $d_{14} = 1.7500$ $n_{d14} = 1.72916$ $v_{d14} = 54.68$
 $r_{15} = -9.4658$
 $d_{15} = D_{15}$
 $r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)
 $d_{16} = 4.4000$
 $r_{17} = -11.5780$
 $d_{17} = 0.7000$ $n_{d17} = 1.80100$ $v_{d17} = 34.97$
 $r_{18} = 20.0000$
 $d_{18} = 1.3500$ $n_{d18} = 1.74320$ $v_{d18} = 49.34$
 $r_{19} = -9.3722$ (非球面)
 $d_{19} = 0.7000$
 $r_{20} = \infty$
 $d_{20} = 0.6000$ $n_{d20} = 1.51633$ $v_{d20} = 64.14$
 $r_{21} = \infty$
 $d_{21} = D_{21}$
 $r_{22} = \infty$ (撮像面)
 $d_{22} = 0$

【0071】

非球面係数

第2面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -6.2873 \times 10^{-4}$ $A_6 = -4.6849 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -9.5321 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第11面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -1.1790 \times 10^{-3}$ $A_6 = 2.6964 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -1.5144 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

第19面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = 1.3503 \times 10^{-3}$ $A_6 = -5.7711 \times 10^{-5}$
 $A_8 = 1.1904 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

【0072】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.26135	5.63695	9.74271
Fno.	2.6987	3.3411	4.5499
D0	∞	∞	∞
D6	1.09530	3.25443	1.09175

D 9	8.94170	3.96767	0.88424
D 1 5	1.39037	4.20559	9.45200
D 2 1	1.00000	1.00000	1.00000

D 0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (16 cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D 0	162.6560	162.6560	162.6560
D 6	0.92755	3.08080	0.92401
D 9	9.10945	4.14131	1.05198
D 1 5	1.39037	4.20559	9.45200
D 2 1	1.00000	1.00000	1.00000

【0073】第3実施例

図17は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第3実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図18は第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0074】第3実施例の電子撮像装置は、図17に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図17中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4を有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負

の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂との接合レンズと、両凸正レンズL3₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4₁と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₂'との接合レンズで構成されている。

【0075】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第2レンズ群G2が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁の物体側の面、第4レンズ群G4中の物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₂'の像側の面に設けられている。

【0076】次に、第3実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ3

r ₁ = 23.5093			
d ₁ = 0.7000	n _{d1} = 1.80100	v _{d1} = 34.97	
r ₂ = 5.3202 (非球面)			
d ₂ = 1.7000			
r ₃ = ∞			
d ₃ = 6.8000	n _{d3} = 1.80610	v _{d3} = 40.92	
r ₄ = ∞			
d ₄ = 0.1500			
r ₅ = 10.3647			
d ₅ = 1.7000	n _{d5} = 1.72916	v _{d5} = 54.68	
r ₆ = -47.4421			

$d_6 = D_6$			
$r_7 = -7.2232$			
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.69680$	$v_{d7} = 55.53$	
$r_8 = 5.0000$			
$d_8 = 1.5500$	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$	
$r_9 = 13.6636$			
$d_9 = D_9$			
$r_{10} = \infty$ (絞り)			
$d_{10} = 0$			
$r_{11} = 4.2851$ (非球面)			
$d_{11} = 1.8000$	$n_{d11} = 1.69350$	$v_{d11} = 53.21$	
$r_{12} = 19.0000$			
$d_{12} = 0.7000$	$n_{d12} = 1.84666$	$v_{d12} = 23.78$	
$r_{13} = 4.3542$			
$d_{13} = 0.3000$			
$r_{14} = 7.5927$			
$d_{14} = 1.7500$	$n_{d14} = 1.72916$	$v_{d14} = 54.68$	
$r_{15} = -9.0883$			
$d_{15} = D_{15}$			
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)			
$d_{16} = 4.4000$			
$r_{17} = -7.8172$			
$d_{17} = 0.7000$	$n_{d17} = 1.84666$	$v_{d17} = 23.78$	
$r_{18} = -50.0000$			
$d_{18} = 1.3500$	$n_{d18} = 1.74320$	$v_{d18} = 49.34$	
$r_{19} = -7.2821$ (非球面)			
$d_{19} = 0.7000$			
$r_{20} = \infty$			
$d_{20} = 0.6000$	$n_{d20} = 1.51633$	$v_{d20} = 64.14$	
$r_{21} = \infty$			
$d_{21} = D_{21}$			
$r_{22} = \infty$ (撮像面)			
$d_{22} = 0$			

【0077】

非球面係数

第2面

K=0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -7.4556 \times 10^{-4} & A_6 &= 3.8977 \times 10^{-6} \\ A_8 &= -1.6059 \times 10^{-6} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第11面

K=0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -1.4222 \times 10^{-3} & A_6 &= -8.4545 \times 10^{-7} \\ A_8 &= -1.7364 \times 10^{-6} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第19面

K=0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 1.5497 \times 10^{-3} & A_6 &= -1.9296 \times 10^{-4} \\ A_8 &= 3.0021 \times 10^{-5} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

【0078】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.26990	5.62502	9.73871

F n o .	2.7015	3.2638	4.4073
D 0	∞	∞	∞
D 6	1.09108	3.56834	1.99910
D 9	9.07726	4.16755	0.88213
D 1 5	1.21117	3.63605	8.49846
D 2 1	1.00000	1.00000	1.00000

D 0（物体から第 1 面までの距離）が近距離（16 c m）のとき

	広角端	中間	望遠端
D 0	162.6560	162.6560	162.6560
D 6	0.92058	3.38281	1.82331
D 9	9.24776	4.35308	1.05792
D 1 5	1.21117	3.63605	8.49846
D 2 1	1.00000	1.00000	1.00000

【0079】第 4 実施例

図 19 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 4 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 20 は第 4 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図 21～図 23 は第 4 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図 21 は広角端、図 22 は中間、図 23 は望遠端での状態を示している。図 24～図 26 は第 4 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図 24 は広角端、図 25 は中間、図 26 は望遠端での状態を示している。

【0080】第 4 実施例の電子撮像装置は、図 19 に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子である CCD を有している。図 19 中、I は CCD の撮像面である。ズームレンズと撮像面 I との間には、平面平板状の CCD カバーガラス CG が設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 1 移動レンズ群である第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第 2 移動レンズ群である第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 を有している。第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子 R 1 と、両凸正レンズ L 1₂とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子 R 1 は、光路を 90° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効

撮像領域の縦横比は 3 : 4 であり、折り曲げ方向は横方向である。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凹負レンズ L 2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3₂との接合レンズと、両凸正レンズ L 3₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4₁とで構成されている。

【0081】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 及び第 4 レンズ群 G 4 は位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第 1 レンズ群 G 1 との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第 1 レンズ群 G 1 との間隔を縮める）し、第 3 レンズ群 G 3 は開口絞り S とともに物体側へのみ移動するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第 2 レンズ群 G 2 が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第 1 レンズ群 G 1 と第 4 レンズ群 G 4 は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第 1 レンズ群 G 1 中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁の像側の面、第 3 レンズ群 G 3 中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3₁の物体側の面、第 4 レンズ群 G 4 を構成する物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4₁の像側の面に設けられている。

【0082】次に、第 4 実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 4

$$r_1 = 29.7756$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.80610$$

$$\nu_{d1} = 40.92$$

$$r_2 = 5.5894 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.7000$$

31

32

$r_3 = \infty$			
$d_3 = 6.8000$	$n_{d3} = 1.80610$	$v_{d3} = 40.92$	
$r_4 = \infty$			
$d_4 = 0.1500$			
$r_5 = 12.5603$			
$d_5 = 1.7500$	$n_{d5} = 1.72916$	$v_{d5} = 54.68$	
$r_6 = -28.7102$			
$d_6 = D_6$			
$r_7 = -7.7962$			
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.69700$	$v_{d7} = 48.52$	
$r_8 = 5.0000$			
$d_8 = 1.6000$	$n_{d8} = 1.84666$	$v_{d8} = 23.78$	
$r_9 = 15.2398$			
$d_9 = D_9$			
$r_{10} = \infty$ (絞り)			
$d_{10} = 0$			
$r_{11} = 4.2660$ (非球面)			
$d_{11} = 1.8000$	$n_{d11} = 1.74320$	$v_{d11} = 49.34$	
$r_{12} = 17.0000$			
$d_{12} = 0.7000$	$n_{d12} = 1.84666$	$v_{d12} = 23.78$	
$r_{13} = 3.9877$			
$d_{13} = 0.3000$			
$r_{14} = 7.3491$			
$d_{14} = 1.7000$	$n_{d14} = 1.72916$	$v_{d14} = 54.68$	
$r_{15} = -11.3337$			
$d_{15} = 0.9338$			
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)			
$d_{16} = 5.4000$			
$r_{17} = -20.8118$			
$d_{17} = 1.0000$	$n_{d17} = 1.58313$	$v_{d17} = 59.38$	
$r_{18} = -11.2032$ (非球面)			
$d_{18} = 0.7000$			
$r_{19} = \infty$			
$d_{19} = 0.6000$	$n_{d19} = 1.51633$	$v_{d19} = 64.14$	
$r_{20} = \infty$			
$d_{20} = D_{20}$			
$r_{22} = \infty$ (撮像面)			
$d_{22} = 0$			

【0083】

非球面係数

第2面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -6.3979 \times 10^{-4}$ $A_6 = -7.5270 \times 10^{-7}$ $A_8 = -9.7517 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第11面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -1.0377 \times 10^{-3}$ $A_6 = -2.4735 \times 10^{-6}$ $A_8 = -2.0035 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

第18面

K=0

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 1.1850 \times 10^{-3} \quad A_6 = 1.2885 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.2384 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

【0084】ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.25682	5.63853	9.74463
F n o.	2.6426	3.2679	4.5140
D 0	∞	∞	∞
D 6	1.09607	3.39481	1.09365
D 9	9.37627	4.21600	0.88753
D 1 5	0.93379	3.79716	9.42548
D 2 1	1.00000	1.00000	1.00000

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が近距離 (16 cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D 0	162.6560	162.6560	162.6560
D 6	0.89495	3.18037	0.89254
D 9	9.57739	4.43044	1.08864
D 1 5	0.93379	3.79716	9.42548
D 2 1	1.00000	1.00000	1.00000

【0085】第 5 実施例

図 27 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 5 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 28 は第 5 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。図 29 ~ 図 31 は第 5 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図 29 は広角端、図 30 は中間、図 31 は望遠端での状態を示している。図 32 ~ 図 34 は第 5 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図 32 は広角端、図 33 は中間、図 34 は望遠端での状態を示している。

【0086】第 5 実施例の電子撮像装置は、図 27 に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子である CCD を有している。図 27 中、I は CCD の撮像面である。ズームレンズと撮像面 I との間には、平面平板状の CCD カバーガラス CG が設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 1 移動レンズ群である第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第 2 移動レンズ群である第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 を有している。第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁ と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子 R 1 と、両凸正レンズ L 1₂ とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子 R 1 は、光路を 90° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効

20 撮像領域の縦横比は 3 : 4 であり、折り曲げ方向は横方向である。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凹負レンズ L 2₁ と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2₂ との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3₁ と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3₂ との接合レンズと、両凸正レンズ L 3₃ とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4₁ と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4₂ との接合レンズで構成されている。

【0087】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 は位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は像側へのみ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は開口絞り S とともに物体側へのみ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は像側へ凹状の軌跡で往復移動（即ち、物体側へ移動して CCD カバーガラス CG との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら CCD カバーガラス CG との間隔を縮める）するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第 2 レンズ群 G 2 が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第 1 レンズ群 G 1 と第 4 レンズ群 G 4 は、合焦動作時に位置が固定されている。非球面は、第 1 レンズ群 G 1 中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁ の像側の面、第 3 レンズ群 G 3 中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3₁ の物体側の面、第 4 レンズ群 G 4 中の物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 4₂ の像側の面に設けられている。

【0088】次に、第 5 実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 5

$r_1 = 18.8862$		
$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.80100$	$\nu_{d1} = 34.97$
$r_2 = 4.8033$ (非球面)		
$d_2 = 1.7000$		
$r_3 = \infty$		
$d_3 = 6.8000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$
$r_4 = \infty$		
$d_4 = 0.1500$		
$r_5 = 13.4964$		
$d_5 = 2.3000$	$n_{d5} = 1.61800$	$\nu_{d5} = 63.33$
$r_6 = -11.1385$		
$d_6 = D_6$		
$r_7 = -8.8071$		
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.69680$	$\nu_{d7} = 55.53$
$r_8 = 4.9069$		
$d_8 = 1.5500$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_9 = 9.5429$		
$d_9 = D_9$		
$r_{10} = \infty$ (絞り)		
$d_{10} = 0$		
$r_{11} = 4.0853$ (非球面)		
$d_{11} = 1.8000$	$n_{d11} = 1.69350$	$\nu_{d11} = 53.21$
$r_{12} = 11.0960$		
$d_{12} = 0.7000$	$n_{d12} = 1.84666$	$\nu_{d12} = 23.78$
$r_{13} = 3.9813$		
$d_{13} = 0.3000$		
$r_{14} = 5.9541$		
$d_{14} = 1.9500$	$n_{d14} = 1.72916$	$\nu_{d14} = 54.68$
$r_{15} = -9.8112$		
$d_{15} = D_{15}$		
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
$d_{16} = D_{16}$		
$r_{17} = -3.5444$		
$d_{17} = 0.7000$	$n_{d17} = 1.84666$	$\nu_{d17} = 23.78$
$r_{18} = -10.0000$		
$d_{18} = 1.3500$	$n_{d18} = 1.74320$	$\nu_{d18} = 49.34$
$r_{19} = -4.2449$ (非球面)		
$d_{19} = D_{19}$		
$r_{20} = \infty$		
$d_{20} = 0.6000$	$n_{d20} = 1.51633$	$\nu_{d20} = 64.14$
$r_{21} = \infty$		
$d_{21} = D_{21}$		
$r_{22} = \infty$ (撮像面)		
$d_{22} = 0$		

【0089】

非球面係数

第2面

K=0

A₂ = 0A₄ = -5.1721×10^{-4} A₆ = -1.0392×10^{-6}

$$A_8 = -2.0432 \times 10^{-6} \quad A_{10} = 0$$

第 11 面

$$K=0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -1.4943 \times 10^{-3} \quad A_6 = -5.7721 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -3.1513 \times 10^{-6} \quad A_{10} = 0$$

第 19 面

$$K=0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 4.5325 \times 10^{-4} \quad A_6 = 2.3664 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.3755 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

【0090】ズームデータ

10 D0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.29281	5.63775	9.72059
Fno.	2.7263	3.1514	3.8592
D0	∞	∞	∞
D6	1.08448	3.76500	4.99556
D9	9.23562	4.42709	0.86778
D15	0.70863	2.83776	5.16580
D16	3.84796	2.38541	3.84796
D19	0.89838	2.35813	0.88807
D21	1.00000	1.00000	1.00000

D0 (物体から第 1 面までの距離) が近距離 (16 cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D0	162.6560	162.6560	162.6560
D6	0.89908	3.53214	4.73441
D9	9.42102	4.65996	1.12893
D15	0.70863	2.83776	5.16580
D16	3.84796	2.38541	3.85876
D19	0.89838	2.35813	0.88807
D21	1.00000	1.00000	1.00000

【0091】第 6 実施例

図 35 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 6 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 36 は第 6 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。図 37 ～ 図 39 は第 6 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図 37 は広角端、図 38 は中間、図 39 は望遠端での状態を示している。図 40 ～ 図 42 は第 6 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図 40 は広角端、図 41 は中間、図 42 は望遠端での状態を示している。

【0092】第 6 実施例の電子撮像装置は、図 35 に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子である CCD を有している。図 35 中、I は CCD の撮像面である。ズームレンズと撮像面 I との間には、

平面平板状の CCD カバーガラス CG が設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第 1 レンズ群 G1 と、第 1 移動レンズ群である第 2 レンズ群 G2 と、開口絞り S と、第 2 移動レンズ群である第 3 レンズ群 G3 と、第 4 レンズ群 G4 を有している。第 1 レンズ群 G1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L1 と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子 R1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L2' とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子 R1 は、光路を 90° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は 3 : 4 であり、折り曲げ方向は横方向である。第 2 レンズ群 G2 は、物体側から順に、両凹負レンズ L2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L22 との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第 3 レンズ群 G3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L31' と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L32' と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L33' との接合レンズとで構成されており、全体で正の

屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁''で構成されている。

【0093】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するよう

ては、第2レンズ群G2が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁'の物体側の面、第4レンズ群G4を構成する物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁''の像側の面に設けられている。

【0094】次に、第6実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 6

r ₁ = 39.8371		
d ₁ = 0.9000	n _{d1} = 1.74320	ν _{d1} = 49.34
r ₂ = 7.0363 (非球面)		
d ₂ = 1.9500		
r ₃ = ∞		
d ₃ = 8.4000	n _{d3} = 1.80610	ν _{d3} = 40.92
r ₄ = ∞		
d ₄ = 0.1500		
r ₅ = 10.7443		
d ₅ = 1.7500	n _{d5} = 1.72916	ν _{d5} = 54.68
r ₆ = 117.6949		
d ₆ = D ₆		
r ₇ = -11.0080		
d ₇ = 0.7000	n _{d7} = 1.72916	ν _{d7} = 54.68
r ₈ = 10.0000		
d ₈ = 1.3500	n _{d8} = 1.84666	ν _{d8} = 23.78
r ₉ = 29.9687		
d ₉ = D ₉		
r ₁₀ = ∞ (絞り)		
d ₁₀ = 0		
r ₁₁ = 8.9151		
d ₁₁ = 1.7000	n _{d11} = 1.58313	ν _{d11} = 59.38
r ₁₂ = -9.9490 (非球面)		
d ₁₂ = 0.1500		
r ₁₃ = 3.8299		
d ₁₃ = 1.9500	n _{d13} = 1.69350	ν _{d13} = 53.21
r ₁₄ = 40.0000		
d ₁₄ = 0.7000	n _{d14} = 1.78740	ν _{d14} = 26.29
r ₁₅ = 2.5278		
d ₁₅ = 1.6250		
r ₁₆ = ∞ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
d ₁₆ = D ₁₆		
r ₁₇ = -75.2976		
d ₁₇ = 1.6000	n _{d17} = 1.68893	ν _{d17} = 31.07
r ₁₈ = -6.9567 (非球面)		
d ₁₈ = 0.6000		
r ₁₉ = ∞		
d ₁₉ = 0.7500	n _{d19} = 1.51633	ν _{d19} = 64.14

$$\begin{aligned} r_{20} &= \infty \\ d_{20} &= D_{20} \\ r_{21} &= \infty \text{ (撮像面)} \\ d_{21} &= 0 \end{aligned}$$

【0095】

非球面係数

第2面

K=0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -3.2095 \times 10^{-4} & A_6 &= 3.5914 \times 10^{-6} \\ A_8 &= -2.3288 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第12面

K=0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 7.8959 \times 10^{-4} & A_6 &= -8.1489 \times 10^{-6} \\ A_8 &= 8.1947 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第18面

K=0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 1.5904 \times 10^{-3} & A_6 &= -7.4738 \times 10^{-5} \\ A_8 &= 1.6824 \times 10^{-6} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

【0096】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.00704	6.93144	11.99933
Fno.	2.6299	3.4603	5.0206
D0	∞	∞	∞
D6	1.33984	3.55821	1.33955
D9	8.82987	3.72328	0.59893
D16	2.39220	5.27920	10.62359
D20	1.00000	1.00000	1.00000

D0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D0	200.0000	200.0000	200.0000
D6	0.99920	3.20721	0.99891
D9	9.17052	4.07428	0.93957
D16	2.39220	5.27920	10.62359
D20	1.00000	1.00000	1.00000

【0097】第7実施例

図43は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第7実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図44は第7実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0098】第7実施例の電子撮像装置は、図43に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図43中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開

口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4を有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1'とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2'との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL31'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL

32' と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL33' との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL41'' で構成されている。

【0099】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するよう

数値データ7

r ₁ = 46.4345		
d ₁ = 0.9000	n _{d1} = 1.74320	ν _{d1} = 49.34
r ₂ = 7.4800 (非球面)		
d ₂ = 1.9000		
r ₃ = ∞		
d ₃ = 8.4000	n _{d3} = 1.80610	ν _{d3} = 40.92
r ₄ = ∞		
d ₄ = 0.1500		
r ₅ = 10.9290		
d ₅ = 1.7000	n _{d5} = 1.72916	ν _{d5} = 54.68
r ₆ = 79.8760		
d ₆ = D ₆		
r ₇ = -9.0602		
d ₇ = 0.7000	n _{d7} = 1.72916	ν _{d7} = 54.68
r ₈ = 10.0000		
d ₈ = 1.3500	n _{d8} = 1.80518	ν _{d8} = 25.42
r ₉ = 79.0547		
d ₉ = D ₉		
r ₁₀ = ∞ (絞り)		
d ₁₀ = 0		
r ₁₁ = 12.8072		
d ₁₁ = 1.8000	n _{d11} = 1.48749	ν _{d11} = 70.23
r ₁₂ = -7.7890		
d ₁₂ = 0.1500		
r ₁₃ = 3.3563 (非球面)		
d ₁₃ = 2.0000	n _{d13} = 1.74320	ν _{d13} = 49.34
r ₁₄ = 10.0000		
d ₁₄ = 0.7000	n _{d14} = 1.84666	ν _{d14} = 23.78
r ₁₅ = 2.3358		
d ₁₅ = 1.6250		
r ₁₆ = ∞ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
d ₁₆ = D ₁₆		
r ₁₇ = -32.6186		
d ₁₇ = 1.6000	n _{d17} = 1.68893	ν _{d17} = 31.07
r ₁₈ = -6.3725 (非球面)		
d ₁₈ = 0.6000		
r ₁₉ = ∞		

になっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第2レンズ群G2が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11の像側の面、第3レンズ群G3中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32'の物体側の面、第4レンズ群G4を構成する物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL41''の像側の面に設けられている。

【0100】次に、第7実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

45

46

$$\begin{aligned}
 d_{19} &= 0.7500 & n_{d19} &= 1.51633 & \nu_{d19} &= 64.14 \\
 r_{20} &= \infty \\
 d_{20} &= D_{20} \\
 r_{21} &= \infty \text{ (撮像面)} \\
 d_{21} &= 0
 \end{aligned}$$

【0101】

非球面係数

第2面

K=0

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 0 & A_4 &= -3.0741 \times 10^{-4} & A_6 &= 2.9868 \times 10^{-6} \\
 A_8 &= -2.2074 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0
 \end{aligned}$$

第13面

K=0

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 0 & A_4 &= -8.6447 \times 10^{-4} & A_6 &= -2.3383 \times 10^{-5} \\
 A_8 &= -1.1764 \times 10^{-5} & A_{10} &= 0
 \end{aligned}$$

第18面

K=0

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 0 & A_4 &= 1.7917 \times 10^{-3} & A_6 &= -8.0795 \times 10^{-5} \\
 A_8 &= 2.0929 \times 10^{-6} & A_{10} &= 0
 \end{aligned}$$

【0102】ズームデータ

	20 D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき		
	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.00365	6.92795	12.00080
Fno.	2.6033	3.4480	5.0024
D0	∞	∞	∞
D6	1.32737	3.52064	1.32840
D9	8.76178	3.65332	0.60135
D16	2.39254	5.30046	10.55195
D20	1.00000	1.00000	1.00000

D0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (200 mm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D0	200.0000	200.0000	200.0000
D6	0.99975	3.18799	1.00078
D9	9.08940	3.98598	0.92898
D16	2.39254	5.30046	10.55195
D20	1.00000	1.00000	1.00000

【0103】第8実施例

図45は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第8実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図46は第8実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0104】第8実施例の電子撮像装置は、図45に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図45中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G

1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4を有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₂'とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₂'と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃'との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁"'で構成されている。

【0105】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ

数値データ8

r ₁ = 39.9121		
d ₁ = 0.9000	n _{d1} = 1.74320	ν _{d1} = 49.34
r ₂ = 7.0006 (非球面)		
d ₂ = 1.9500		
r ₃ = ∞		
d ₃ = 8.4000	n _{d3} = 1.80610	ν _{d3} = 40.92
r ₄ = ∞		
d ₄ = 0.1500		
r ₅ = 10.6090		
d ₅ = 1.7500	n _{d5} = 1.72916	ν _{d5} = 54.68
r ₆ = 147.0043		
d ₆ = D ₆		
r ₇ = -10.9916		
d ₇ = 0.7000	n _{d7} = 1.72916	ν _{d7} = 54.68
r ₈ = 10.0000		
d ₈ = 1.3500	n _{d8} = 1.84666	ν _{d8} = 23.78
r ₉ = 28.2731		
d ₉ = D ₉		
r ₁₀ = ∞ (絞り)		
d ₁₀ = 0		
r ₁₁ = 9.1551 (非球面)		
d ₁₁ = 1.7000	n _{d11} = 1.58313	ν _{d11} = 59.38
r ₁₂ = -9.4402		
d ₁₂ = 0.1500		
r ₁₃ = 3.8548		
d ₁₃ = 1.9500	n _{d13} = 1.69350	ν _{d13} = 53.21
r ₁₄ = 40.0000		
d ₁₄ = 0.7000	n _{d14} = 1.78470	ν _{d14} = 26.29
r ₁₅ = 2.5225		
d ₁₅ = D ₁₅		
r ₁₆ = ∞ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
d ₁₆ = 2.8250		
r ₁₇ = -85.1906		
d ₁₇ = 1.6000	n _{d17} = 1.68893	ν _{d17} = 31.07
r ₁₈ = -7.0057 (非球面)		
d ₁₈ = 0.6000		

群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第2レンズ群G2が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁'の物体側の面、第4レンズ群G4を構成する物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁"'の像側の面に設けられている。

【0106】次に、第8実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

$$\begin{aligned}
 r_{19} &= \infty \\
 d_{19} &= 0.7500 & n_{d19} &= 1.51633 & \nu_{d19} &= 64.14 \\
 r_{20} &= \infty \\
 d_{20} &= D20 \\
 r_{21} &= \infty \text{ (撮像面)} \\
 d_{21} &= 0
 \end{aligned}$$

【0107】

非球面係数

第2面

K=0

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 0 & A_4 &= -3.2240 \times 10^{-4} & A_6 &= 3.7049 \times 10^{-6} \\
 A_8 &= -2.5408 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0
 \end{aligned}$$

第11面

K=0

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 0 & A_4 &= -7.8694 \times 10^{-4} & A_6 &= 5.1170 \times 10^{-6} \\
 A_8 &= -2.0804 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0
 \end{aligned}$$

第18面

K=0

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 0 & A_4 &= 1.5375 \times 10^{-3} & A_6 &= -6.5569 \times 10^{-5} \\
 A_8 &= 1.0698 \times 10^{-6} & A_{10} &= 0
 \end{aligned}$$

【0108】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.00716	6.92905	12.00056
Fno.	2.6214	3.4396	5.0196
D0	∞	∞	∞
D6	1.34278	3.57165	1.34265
D9	8.82741	3.75134	0.59749
D15	1.18816	4.03385	9.41834
D20	1.00000	1.00000	1.00000

D0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D0	200.0000	200.0000	200.0000
D6	0.99949	3.21410	0.99936
D9	9.17070	4.10889	0.94079
D15	1.18816	4.03385	9.41834
D20	1.00000	1.00000	1.00000

【0109】第9実施例

図47は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第9実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図48は第9実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図49～図51は第9実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図49は広角端、図50は中間、図51は望遠端での状態を示している。図52～図54は第9実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収

差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図52は広角端、図53は中間、図54は望遠端での状態を示している。

【0110】第9実施例の電子撮像装置は、図47に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図47中、IはCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iの間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4を有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカ

スレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₂'と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃'との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4₁"と、物体側に凹面を有し像側に平面を有する負レンズL4₂"とで構成されている。

【0111】無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レン

数値データ9

r ₁ = 31.8167		
d ₁ = 0.9000	n _{d1} = 1.74320	v _{d1} = 49.34
r ₂ = 6.5130 (非球面)		
d ₂ = 2.0500		
r ₃ = ∞		
d ₃ = 8.4000	n _{d3} = 1.80610	v _{d3} = 40.92
r ₄ = ∞		
d ₄ = 0.1500		
r ₅ = 12.2002		
d ₅ = 1.7500	n _{d5} = 1.72916	v _{d5} = 54.68
r ₆ = -176.2299		
d ₆ = D ₆		
r ₇ = -12.2304		
d ₇ = 0.7000	n _{d7} = 1.72916	v _{d7} = 54.68
r ₈ = 11.5000		
d ₈ = 1.3500	n _{d8} = 1.84666	v _{d8} = 23.78
r ₉ = 32.1701		
d ₉ = D ₉		
r ₁₀ = ∞ (絞り)		
d ₁₀ = 0		
r ₁₁ = 12.3535 (非球面)		
d ₁₁ = 1.7000	n _{d11} = 1.58313	v _{d11} = 59.38
r ₁₂ = -9.7878		
d ₁₂ = 0.1500		
r ₁₃ = 4.1265		
d ₁₃ = 1.9500	n _{d13} = 1.69350	v _{d13} = 53.21
r ₁₄ = 22.0000		
d ₁₄ = 0.7000	n _{d14} = 1.78470	v _{d14} = 26.29
r ₁₅ = 2.9294		
d ₁₅ = D ₁₅		

ズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、近距離物点への合焦動作時に際しては、第2レンズ群G2が物体側に繰り出されるようになっている。なお、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時においても位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁'の物体側の面、第4レンズ群G4中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4₁"の物体側の面、物体側に凹面を有し像側に平面を有する負レンズL4₂"の物体側の面に設けられている。

【0112】次に、第9実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

53

54

$r_{16} = 10.1130$ (非球面)
 $d_{16} = 1.4500$ $n_{d16} = 1.58313$ $\nu_{d16} = 59.38$
 $r_{17} = 2083.7929$
 $d_{17} = D_{17}$
 $r_{18} = -216.5126$ (非球面)
 $d_{18} = 0.9000$ $n_{d18} = 1.52542$ $\nu_{d18} = 55.78$
 $r_{19} = \infty$
 $d_{19} = 0.6000$
 $r_{20} = \infty$
 $d_{20} = 0.7500$ $n_{d20} = 1.51633$ $\nu_{d20} = 64.14$
 $r_{21} = \infty$
 $d_{21} = D_{21}$
 $r_{22} = \infty$ (撮像面)
 $d_{22} = 0$

【0113】

非球面係数

第2面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -4.7792 \times 10^{-4}$ $A_6 = 8.5290 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -4.3636 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第11面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -5.7279 \times 10^{-4}$ $A_6 = 5.4469 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -3.8768 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第16面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -4.2891 \times 10^{-5}$ $A_6 = 9.1978 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -1.0100 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

第18面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -1.1036 \times 10^{-3}$ $A_6 = 2.0641 \times 10^{-5}$
 $A_8 = 9.2983 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

【0114】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.00153	6.92963	12.00205
Fno.	2.6604	3.4644	5.0148
D0	∞	∞	∞
D6	1.10093	3.68362	1.10192
D9	10.12509	4.25142	0.60401
D15	3.24220	6.53134	12.76221
D17	0.70000	0.70000	0.70000
D20	1.00000	1.00000	1.00000

D0 (物体から第1面までの距離) が近距離 (20 cm) のとき

	広角端	中間	望遠端
D0	200.0000	200.0000	200.0000
D6	1.10093	3.68362	1.10192
D9	10.12509	4.25142	0.60401
D15	3.07343	6.04460	11.44083
D17	0.86877	1.18674	2.02138

D 2 0 1.00000 1.00000 1.00000

【0115】次に、上記実施例における条件式のパラメータ等の値を次の表に示す。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
レンズデータ	数値データ 1	数値データ 2	数値データ 3
第 3 群のタイプ	B	B	B
広角端での半画角	32.6	32.5	32.4
中間での半画角	19.1	19.1	19.1
望遠端での半画角	11.3	11.3	11.3
L	3.96	3.96	3.96
$f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-1.69849	-1.61753	-1.54777
$f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	2.68319	2.34639	2.09325
d/L	1.41793	1.41793	1.41793
n _{pri}	1.80610	1.80610	1.80610
v _{1N}	40.92	40.92	34.97
$\sqrt{(f_w \cdot f_T)}/f_1$	-0.00099	0.07744	0.14219
β_{RW}	-0.55510	-0.60998	-0.60966
$f_{RW}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	1.39721	1.39226	1.39071
$D_{12min}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-----	0.19368	0.19335
$f_F/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-3.23206	-----	-----
R_{G3}/R_{C1}	0.95846	0.97079	1.01613
L/R _{C2}	0.19800	0.20842	0.20842
v _{CP} - v _{CN}	25.56	25.56	29.43
$(R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$	-0.96138	-0.48393	-0.64140
$(R_{2P} + R_{2R}) / (R_{2P} - R_{2R})$	-0.61068	-0.40838	-0.30835
f _T /f _w	2.99856	2.98732	2.97829
τ_{600}/τ_{550}	1.0	1.0	1.0
τ_{700}/τ_{550}	0.04	0.04	0.04
τ_{400}/τ_{550}	0.0	0.0	0.0
τ_{440}/τ_{550}	1.06	1.06	1.06

【0116】

	実施例 4	実施例 5	実施例 6
レンズデータ	数値データ 4	数値データ 5	数値データ 6
第 3 群のタイプ	B	B	A
広角端での半画角	32.6	32.3	33.4
中間での半画角	19.1	19.1	19.3
望遠端での半画角	11.3	11.3	11.6
L	3.96	3.96	5.0
$f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-1.53510	-1.45358	-1.67788
$f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	2.16588	1.80986	2.32249
d/L	1.41793	1.41793	1.35018
n _{pri}	1.80610	1.80610	1.80610
v _{1N}	40.92	34.97	49.34
$\sqrt{(f_w \cdot f_T)}/f_1$	0.12196	0.28698	0.07654
β_{RW}	-0.55821	-0.60428	-0.47307
$f_{RW}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	1.40791	1.39707	1.21583
$D_{12min}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	0.19413	0.19169	0.19318
$f_F/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-----	-----	-----
R_{G3}/R_{C1}	0.93476	0.97454	0.66002
L/R _{C2}	0.23294	0.35689	0.12500
v _{CP} - v _{CN}	25.56	29.43	26.92
$(R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$	-0.39132	+0.09571	-1.20092
$(R_{2P} + R_{2R}) / (R_{2P} - R_{2R})$	-0.32313	-0.04010	-0.46272
f _T /f _w	2.99207	2.95207	2.99456
τ_{600}/τ_{550}	1.0	1.0	1.0
τ_{700}/τ_{550}	0.04	0.04	0.04
τ_{400}/τ_{550}	0.0	0.0	0.0
τ_{440}/τ_{550}	1.06	1.06	1.06

【0117】

	実施例 7	実施例 8	実施例 9
レンズデータ	数値データ 7	数値データ 8	数値データ 9
第 3 群のタイプ	A	A	A
広角端での半面角	33.3	33.3	33.5
中間での半面角	19.3	19.4	19.5
望遠端での半面角	11.6	11.6	11.6
L	5.0	5.0	5.0
$f_{11} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-1.74801	-1.66671	-1.61450
$f_{12} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	2.47933	2.24917	2.26694
d / L	1.34018	1.35018	1.37018
n _{pri}	1.80610	1.80610	1.80610
v _{1N}	49.34	49.34	49.34
$\sqrt{(f_w \cdot f_T)} / f_l$	0.04585	0.09703	0.089115
β_{RW}	-0.48124	-0.47213	-0.43431
$f_{RW} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	1.22063	1.21369	1.11568
$D_{12min} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	0.19150	0.19362	-----
$f_F / \sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-----	-----	2.51407
R_{C2} / R_{C1}	0.69594	0.65438	0.70990
L / R _{C2}	0.50000	0.12500	0.22727
v _{CP} - v _{CN}	25.56	26.92	26.92
$(R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$	-1.31703	-1.15556	-0.87051
$(R_{2P} + R_{2R}) / (R_{2P} - R_{2R})$	-0.79435	-0.44013	-0.44909
f _T / f _w	2.99746	2.99478	2.99937
τ_{600} / τ_{550}	1.0	1.0	1.0
τ_{700} / τ_{550}	0.04	0.04	0.04
τ_{400} / τ_{550}	0.0	0.0	0.0
τ_{440} / τ_{550}	1.06	1.06	1.06

【0118】なお、本発明の各実施例では、いずれも、折り曲げ方向を上述のように電子撮像素子（CCD）の長辺方向（水平方向）としている。垂直方向へ折り曲がるようにしたほうが、折り曲げのためのスペースが少なく、済み小型化には有利であるが、長辺方向への折り曲げに対応できるようにしておけば、長辺、短辺のいずれ

への折り曲げにも対応でき、レンズを組み込むカメラデザイン自由度が増して好ましい。また、上記各実施例では、ローパスフィルタは組み込んでいないが、ローパスフィルタを挿入して構成してもよい。また、各実施例において、電子撮像素子の水平画素ピッチ a としては、次表のいずれを用いてもよい。

a (μm)	4.0	3.7	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8
--------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

【0119】ここで、電子撮像素子の有効撮像面の対角長 L と画素間隔 a について説明しておく。図 55 は本発明の各実施例に用いる電子撮像素子の画素配列の一例を示す図であり、画素間隔 a で R（赤）、G（緑）、B（青）の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン（緑）の 4 色の画素（図 58）がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生（パソコン上での表示、プリンターによる印刷等）に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能（光学系の性能が確保し得るイメージサークル）に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長 L は、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明のズーム

レンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長 L が変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長 L は、とり得る範囲における最大値とする。

【0120】なお、上記各実施例では、最終レンズ群の像側に近赤外カットフィルターを有するか、又は近赤外カットコートに CCD カバーガラス CG の入射面側の表面、もしくは他のレンズの入射面側の面に施してある。また、ズームレンズの入射面から撮像面までの光路にローパスフィルターは配置していない。この近赤外カットフィルター、近赤外カットコート面は、波長 60 nm での透過率が 80% 以上、波長 700 nm での透過率が 10% 以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような 27 層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は 780 nm である。

【0121】

基板	材質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda / 4$
第 1 層	Al ₂ O ₃	58.96	0.50
第 2 層	TiO ₂	84.19	1.00

第3層	SiO ₂	134.14	1.00
第4層	TiO ₂	84.19	1.00
第5層	SiO ₂	134.14	1.00
第6層	TiO ₂	84.19	1.00
第7層	SiO ₂	134.14	1.00
第8層	TiO ₂	84.19	1.00
第9層	SiO ₂	134.14	1.00
第10層	TiO ₂	84.19	1.00
第11層	SiO ₂	134.14	1.00
第12層	TiO ₂	84.19	1.00
第13層	SiO ₂	134.14	1.00
第14層	TiO ₂	84.19	1.00
第15層	SiO ₂	178.41	1.33
第16層	TiO ₂	101.03	1.21
第17層	SiO ₂	167.67	1.25
第18層	TiO ₂	96.82	1.15
第19層	SiO ₂	147.55	1.05
第20層	TiO ₂	84.19	1.00
第21層	SiO ₂	160.97	1.20
第22層	TiO ₂	84.19	1.00
第23層	SiO ₂	154.26	1.15
第24層	TiO ₂	95.13	1.13
第25層	SiO ₂	160.97	1.20
第26層	TiO ₂	99.34	1.18
第27層	SiO ₂	87.19	0.65

空 気

【0122】上記の近赤外シャープカットコート of 透過率特性は図56に示す通りである。また、近赤外カットコートを実施したCCDカバーガラスCGの射出面側、もしくは、近赤外カットコートを実施した他のレンズの射出面側には、図57に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか、もしくは、コーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。具体的には、この近赤外カットフィルター、もしくは、近赤外カットコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0123】上記の400nmの波長の透過率の比が6%を上回ると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%を下回ると、人間の認識し得る波長域の再生が、低くなり、色のバランスが悪

くなる。このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0124】上記各実施例では、図57に示すように、波長400nmにおける透過率が0%、波長420nmにおける透過率が90%、波長440nmにおいて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。そして、上述の近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmにおける透過率99%をピークとして、波長400nmにおける透過率が0%、波長420nmにおける透過率が80%、波長600nmにおける透過率が82%、波長700nmにおける透過率が2%となっている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0125】また、CCDの撮像面I上には、図58に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン

(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0126】補色モザイクフィルターは、具体的には、

図 58 に示すように、少なくとも 4 種類の色フィルターから構成され、その 4 種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。グリーンの色フィルター G は波長 G_P に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルター Y_e は波長 Y_P に分光強度のピークを有し、シアンの色フィルター C は波長 C_P に分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルター M は波長 M_{P1} と M_{P2} にピークを有し、次の条件式を満足する。

$$510\text{ nm} < G_P < 540\text{ nm}$$

$$5\text{ nm} < Y_P - G_P < 35\text{ nm}$$

$$-100\text{ nm} < C_P - G_P < -5\text{ nm}$$

$$430\text{ nm} < M_{P1} < 480\text{ nm}$$

$$580\text{ nm} < M_{P2} < 640\text{ nm}$$

【0127】さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長 530 nm では 80% 以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長 530 nm では 10% から 50% の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0128】上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図 59 に示す。グリーンの色フィルター G は、波長 525 nm に分光強度のピークを有している。イエローの色フィルター Y_e は、波長 555 nm に分光強度のピークを有している。シアンの色フィルター C は、波長 510 nm に分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルター M は、波長 445 nm と波長 620 nm にピークを有している。また、波長 530 nm における各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、G は 99%、 Y_e は 95%、C は 97%、M は 38% となっている。

【0129】このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（もしくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電氣的に次のような信号処理、即ち、

輝度信号

$$Y = |G + M + Y_e + C| \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = |(M + Y_e) - (G + C)|$$

$$B - Y = |(M + C) - (G + Y_e)|$$

の信号処理を経て、R（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。なお、上記した近赤外シャープカットコートの配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。

【0130】また、上記各実施例の数値データにおいて開口絞り S の位置から次の像側のレンズの凸面までの間隔 (d_s) が 0 となっているのは、該レンズの凸面の面頂位置と、開口絞り S から光軸へと下ろした垂線と光軸との交点とが等しいことを意味する。なお、上記各実施例では絞り S を平板としているが、他の構成として円形の開口を持った黒塗り部材を用いても良い。または、図

60 に示すような漏斗状の絞りをレンズの凸面の傾きに沿ってかぶせても良い。さらには、レンズを保持する鏡枠において絞りを形成してもよい。

【0131】また、上記各実施例においては、本発明における光量を調節するための透過率可変手段や受光時間を調節するためのシャッターを、第 3 レンズ群 G3 の像側の空気間隔に配置することができるよう設計されている。そして、光量調節手段に関しては、図 61 に示すように、素通し面又は中空の開口、透過率 1/2 の ND フィルター、透過率 1/4 の ND フィルター等をターレット状に設けて構成したものを用いることができる。

【0132】この具体例を図 62 に示す。ただし、この図では便宜上、第 1 レンズ群 G1 ~ 第 2 レンズ群 G2 は省いて図示してある。第 3 レンズ群 G3 と第 4 レンズ群 G4 との間の光軸上の位置に、0 段、-1 段、-2 段、-3 段の明るさ調節を可能とする図 61 に示すターレット 10 を配置している。ターレット 10 には、有効光束を透過する領域にて、各々波長 550 nm に対する透過率について、透過率 100% の開口、透過率 50 パーセントの ND フィルター、透過率 25% の ND フィルター、透過率 12.5% の ND フィルターが設けられた開口部 1A、1B、1C、1D を有している。そして、ターレット 10 の回転軸 11 の周りの回転により、いずれかの開口を絞り位置とは異なる空間であるレンズ間の光軸上に配置することで光量調節を行っている。

【0133】また、光量調節手段として、図 63 に示すように、光量ムラを抑えるように、光量調節が可能なフィルター面を設けても良い。図 63 のフィルター面は、同心円状に透過率が異なり、中心にいくほど光量が低下するようになっている。そして、上記フィルター面を配置することにより、暗い被写体に対しては中心部の光量確保を優先して透過率を均一とし、明るい被写体に対してのみ明るさムラを補うように構成してもよい。

【0134】さらには、装置全体の薄型化を考慮すると、電氣的に透過率を制御できる電気光学素子を用いることが出来る。電気光学素子は、たとえば、図 64 に示すように、TN 液晶セルを透明電極と偏光方向を一致させた偏光膜を持つ 2 枚の平行平板で両側から挟み込み、透明電極間の電圧を適宜かえることにより液晶の内での偏光方向を変化させて透過する光量を調節する液晶フィルター等で構成できる。なお、この液晶フィルターでは、可変抵抗を介して TN 液晶セルにかかる電圧を調整して、TN 液晶セルの配向を変化させている。

【0135】さらには、光量調節手段として、上述のような透過率を調節する各種フィルターにかえて受光時間を調節するシャッターを設けても良い。又はシャッターをフィルターと併設させても良い。シャッターは像面近傍に配置した移動幕によるフォーカルプレーンシャッターで構成しても良いし、光路途中に設けた 2 枚羽のレンズシャッター、フォーカルプレーンシャッター、液晶シ

ャッター等、種々のもので構成しても構わない。

【0136】図65は本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な受光時間を調節するフォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの一例を示す概略構成図であり、(a)は裏面図、(b)は表面図、図66(a)～(d)はロータリーシャッター幕Bが回転する様子を像面側からみた図である。図65中、Aはシャッター基板、Bはロータリーシャッター幕、Cはロータリーシャッター幕の回転軸、D1、D2はギアである。

【0137】シャッター基板Aは、本発明の電子撮像装置において、像面の直前、または任意の光路に配置される構成となっている。また、シャッター基板Aには、光学系の有効光束を透過する開口部A1が設けられている。ロータリーシャッター幕Bは略半円型に形成されている。ロータリーシャッター幕の回転軸Cは、ロータリーシャッター幕Bと一体化されている。また、回転軸Cは、シャッター基板Aに対して回転するようになっている。また、回転軸Cは、シャッター基板Aの表面のギアD1、D2と連結されている。ギアD1、D2は図示しないモーターと連結されている。そして、図示しないモーターの駆動により、ギアD2、D1、回転軸Cを介してロータリーシャッター幕Bが回転軸Cを中心に、時間を追って図66(a)～(d)の順で回転するようになっている。ロータリーシャッター幕Bは、回転により、シャッター基板Aの開口部A1の遮蔽と退避を行いシャッターとしての役割を果たしている。また、シャッタースピードはロータリーシャッター幕Bの回転するスピードを変えることで調整されるようになっている。

【0138】以上、光量調節手段について説明したが、これらのシャッター、透過率可変フィルターは、上述の本発明の実施例においては、例えば、第2～第8実施例の第16面に配置される。なお、これらの光量調節手段は、上述の開口絞りとは異なる位置であれば、他の位置に配置しても良い。また、本発明の実施例においては、この透過率可変フィルターの透過領域の形状を調整することで、フレア絞りの役目を持たせている。

【0139】また、上述の電気光学素子に、シャッターの役割を兼用させても良い。このようにすると、部品点数の削減、光学系の小型化の点でより好ましい。

【0140】さて、以上のような本発明の折り曲げズームレンズを用いた電子撮像装置は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0141】図67～図69は本発明による折り曲げズームレンズをデジタルカメラの撮影光学系41に組み込

んだ構成の概念図であり、図67はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図68は同後方斜視図、図69はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。なお、図69に示すデジタルカメラは、撮像光路をファインダーの長辺方向に折り曲げた構成となっており、図69中の観察者の眼を上側からみて示してある。

【0142】デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば、第1実施例の光路折り曲げズームレンズを通して撮影が行われるようになっている。そして、撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットフィルター、又はCCDカバーガラス又はその他のレンズに施された近赤外カットコートを経てCCD49の撮像面上に形成される。

【0143】このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー（登録商標）ディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0144】さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポリプリズム55の視野枠57上に形成される。このポリプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0145】このように構成されたデジタルカメラ40は、長辺方向に光路を置き曲げたことによりカメラの薄型化に効果がある。また、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。なお、本実施例のデジタルカメラ40の撮像光路をファインダーの短辺方向に折り曲げて構成してもよい。その場合には、撮影レンズの入射面からストロボ（又はフラッシュ）をより上方に離して配置し、人物のストロボ撮影時の際に生じる影の影響を緩和できるレイアウトにし得る。また、図69の例では、カバー部材50として平行平面板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよ

い。

【0146】次に、本発明の折り曲げズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンを図70～図72に示す。図70はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図71はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図72は図70の側面図である。

【0147】図70～図72に示すように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってよい。この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明

による例えば第1実施例の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0148】ここで、撮像素子チップ162上にはカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0149】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される。図70には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0150】次に、本発明の折り曲げズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話を図73に示す。図73(a)は携帯電話400の正面図、図73(b)は側面図、図73(c)は撮影光学系405の断面図である。図73(a)～(c)に示すように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入

力する入力ダイアル403と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による例えば第1実施例の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0151】ここで、撮像素子チップ162上にはカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0152】撮影素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0153】以上説明したように、本発明のズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

【0154】（1）前記最物体側レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子、正レンズ成分からなり、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のズームレンズ。

$$1. \quad 0 < -f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 2.5$$

$$1. \quad 4 < f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 3.2$$

ただし、 f_{11} は最物体側レンズ群における、負レンズ成分の焦点距離、 f_{12} は最物体側レンズ群における、正レンズ成分の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0155】（2）上記（1）に記載のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを有し、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$0.7 < d/L < 2.0$$

ただし、 d は最物体側レンズ群における負レンズ成分の

像側面頂から正レンズ成分の物体側面頂までの光軸上に沿って測った空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0156】(3) 前記反射光学素子がプリズムであり、かつ、次の条件式を満足することを特徴とする上記(2)に記載の電子撮像装置。

$$1.55 < n_{pri}$$

ただし、 n_{pri} は反射光学素子の d 線での媒質の屈折率である。

【0157】(4) 前記最物体側レンズ群の負レンズ成分を負の単レンズで構成し、次の条件を満足することを特徴とする上記(1)に記載のズームレンズ。

$$2.6 < \nu_{1n}$$

$$-0.15 < \sqrt{(f_w \cdot f_T) / f_1} < 0.5$$

ただし、 ν_{1n} は最物体側レンズ群の負の単レンズの媒質の d 線基準でのアッペ数、 f_1 は最物体側レンズ群の焦点距離である。

【0158】(5) 前記最物体側レンズ群を、物体側から順に、負の単レンズと、反射光学素子と、正の単レンズとで構成したことを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【0159】(6) 前記第1レンズ群が正の屈折力を有し、前記第3レンズ群が変倍時に物体側にのみ移動し、前記最像側レンズ群が非球面を含み、かつ、変倍時に固定されていることを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【0160】(7) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項2～4のいずれかに記載のズームレンズ。

$$0.3 < -\beta R_w < 0.8$$

$$0.8 < f_{Rw} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 1.8$$

ただし、 βR_w は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群以降の合成倍率、 f_{Rw} は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群以降の合成焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0161】(8) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

$$0.16 < D_{12min} / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.26$$

ただし、 D_{12min} は無限遠物点合焦時の第1レンズ群と第2レンズ群との間の取り得る範囲での最小値、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0162】(9) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項4に記載のズームレンズ。

$$1.0 < |f_F| / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 6.0$$

ただし、 f_F は、第3レンズ群と最像側レンズ群との間

に配置された、近距離物点への合焦動作に際し光軸上を移動するレンズ群の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0163】(10) 前記第3レンズ群が2枚の正レンズと1枚の負レンズとからなり、前記負レンズが少なくとも前記正レンズのいずれかと接合されていることを特徴とする請求項2～4のいずれかに記載のズームレンズ。

【0164】(11) 前記第3レンズ群が、物体側から順に、正の単レンズと、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分とからなることを特徴とする上記(10)に記載のズームレンズ。

【0165】(12) 前記第3レンズ群が、物体側から順に、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分と、正の単レンズとからなることを特徴とする上記(10)に記載のズームレンズ。

【0166】(13) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(11)に記載のズームレンズ。

$$0.4 < R_{c3} / R_{c1} < 0.85$$

ただし、 R_{c3} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{c1} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

【0167】(14) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(12)に記載のズームレンズ。

$$0.8 < R_{c3} / R_{c1} < 1.3$$

ただし、 R_{c3} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{c1} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

【0168】(15) 上記(11)又は(13)に記載のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを含み、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$-0.3 < L / R_{c2} < 1.0$$

$$1.5 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$$

ただし、 L は使用する撮像素子の対角長(mm)、 R_{c2} は第3レンズ群における接合レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径、 ν_{CP} は第3レンズ群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のアッペ数、 ν_{CN} は第3レンズ群における接合レンズ成分の負レンズの媒質のアッペ数である。

【0169】(16) 上記(12)又は(14)に記載のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを含み、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$-0.1 < L / R_{c2} < 0.8$$

$$1.5 < \nu_{CP} - \nu_{CN}$$

ただし、 L は使用する撮像素子の対角長(mm)、 R_{c2}

は第3レンズ群における接合レンズ成分の接合面の光軸上における曲率半径、 v_{CF} は第3レンズ群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のアップベ数、 v_{CH} は第3レンズ群における接合レンズ成分の負レンズの媒質のアップベ数である。

【0170】(17) 前記最物体側レンズ群の負レンズ成分が非球面を有することを特徴とする請求項1又は上記(1)に記載のズームレンズ。

【0171】(18) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(17)に記載のズームレンズ。

$$-2.0 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 1.0$$

ただし、 R_{1PF} は最物体側レンズ群における正レンズ成分の物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{1PR} は最物体側レンズ群における正レンズ成分の像側面の光軸上での曲率半径である。

【0172】(19) 前記第2レンズ群が、物体側から順に、負レンズと、正レンズの2枚のレンズで構成されることを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【0173】(20) 前記第2レンズ群が、物体側から順に、負レンズと、正レンズの2枚のレンズを接合した接合レンズ成分であることを特徴とする上記(19)に記載のズームレンズ。

【0174】(21) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(20)に記載のズームレンズ。

$$-1.5 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < 0.8$$

ただし、 R_{2F} は第2レンズ群(接合レンズ成分)における最も物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2R} は第2レンズ群(接合レンズ成分)における最も像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0175】(22) 前記ズームレンズが次の条件式を満足することを特徴とする請求項1～5、上記(1)、(4)～(14)、(17)～(21)のいずれかに記載のズームレンズ。

$$1.8 < f_T / f_w$$

ただし、 f_w は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 f_T は望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0176】(23) 前記電子撮像装置における広角端全画角が55度以上を有することを特徴とする請求項6、上記(2)、(3)、(15)、(17)のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0177】(24) 前記電子撮像装置における広角端全画角が80度以下であることを特徴とする上記(23)に記載の電子撮像装置。

【0178】(25) 前記電子撮像素子の水平画素ピッチを a 、前記ズームレンズの広角端での開放F値を F とすると、次の条件式を満足することを特徴とする請求項6、上記(2)、(3)、(15)、(17)のい

ずれかに記載の電子撮像装置。

$$F \geq a / (1 \mu m)$$

【0179】(26) 前記開放F値を決定する開口絞りの内径は固定であり、該絞りの直前または直後に、該絞りに向って凸面を向けたレンズを備え、光軸と前記開口絞りから該光軸に下した垂線との交点が、前記レンズの内部乃至前記凸面の面頂点から0.5mm以内に位置することを特徴とする上記(25)に記載の電子撮像装置。

【0180】(27) 前記交点が、前記レンズの内部乃至面頂以内に位置することを特徴とする上記(26)に記載の電子撮像装置。

【0181】(28) 透過率を変更することにより前記電子撮像素子に導かれる光量を調節する透過率可変手段を備え、該透過率可変手段を前記絞りの配置される空間とは異なる空間の光路中に配置したことを特徴とする上記(25)～(27)のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0182】(29) 前記電子撮像素子に導かれる光束の受光時間を調節するシャッターを備え、該シャッターを前記絞りの配置される空間とは異なる空間の光路中に配置したことを特徴とする上記(25)～(28)のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0183】(30) 光学系の入射面から撮像面までの光路にローパスフィルターを配置しないことを特徴とする上記(25)～(29)のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0184】(31) 前記ズームレンズから撮像面までの間に配置される各々の媒質境界面が全てほぼ平面であり、かつ、光学ローパスフィルターのような空間周波数変換作用が無いことを特徴とする上記(25)～(29)のいずれかに記載の電子撮像素子。

【0185】

【発明の効果】本発明によれば、極力物体側に反射プリズムなどの反射光学素子を挿入して光学系特にズームレンズ系の光路(光軸)を折り曲げる構成とし、さらに諸々の条件式等を満たすように構成したので、ズーム比、画角、F値、少ない収差など高い光学仕様性能を確保しながらも、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間(レンズのせり出し時間)がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラを実現することができる。加えて、沈胴式鏡筒に適したズームレンズなど他のズーム光学系と異なり、今後、撮像素子の小型化が進んだ場合に、その小形化された撮像素子を使用する場合におけるカメラのさらなる小型化、薄型化を有利に進めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時にお

【図 17】本発明による電子撮像装置に用いるズームレ

【図31】第5実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図 3 2】第 5 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図 3 3】第 5 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図 3 4】第 5 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図 3 5】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 6 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図 3 6】第 6 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 3 7】第 6 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図 3 8】第 6 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図 3 9】第 6 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図 4 0】第 6 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図 4 1】第 6 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図 4 2】第 6 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図 4 3】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 7 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図 4 4】第 7 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 4 5】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 8 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図 4 6】第 8 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示

ている。

【図 4 7】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 9 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図 4 8】第 9 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 4 9】第 9 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図 5 0】第 9 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図 5 1】第 9 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図 5 2】第 9 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図 5 3】第 9 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図 5 4】第 9 実施例にかかるズームレンズの近距離物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図 5 5】本発明の各実施例に用いる電子撮像素子の画素配列の一例を示す説明図である。

【図 5 6】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示すグラフである。

【図 5 7】近赤外カットコートを施した CCD カバーガラス CG の射出面側、もしくは、近赤外カットコートを施した他のレンズの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示すグラフである。

【図 5 8】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図 5 9】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示すグラフである。

【図 6 0】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に用いる絞り S の変形例を示す説明図である。

【図 6 1】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に用いる光量調節手段の一例を示す説明図である。

【図 6 2】図 6 1 に示した光量調節手段を本発明に適用した状態の具体例を示す斜視図である。

【図 6 3】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な光量調節手段の他の例を示す説明図である。

【図 6 4】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な光量調節手段のさらに他の例を示す説明図である。

【図 65】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な受光時間を調節するフォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの一例を示す概略構成図であり、(a)は裏面図、(b)は表面図である。

【図 66】(a)～(d)は図 65 に示したロータリーシャッター幕 B が回転する様子を像面側からみた図である。

【図 67】本発明による折り曲げズームレンズをデジタルカメラの撮影光学系 41 に組み込んだ構成の概念図であり、デジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図である。

【図 68】図 67 に示したデジタルカメラ 40 の後方斜視図である。

【図 69】図 67 に示したデジタルカメラ 40 の構成を示す断面図である。

【図 70】本発明の折り曲げズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコン 300 のカバーを開いた前方斜視図である。

【図 71】図 70 に示したパソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図である。

【図 72】図 70 の側面図である。

【図 73】本発明の折り曲げズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である携帯電話を示す図であり、(a)は携帯電話 400 の正面図、(b)は(a)の側面図、(c)は撮影光学系 405 の断面図である。

【符号の説明】

A	シャッター基板
A1	基板の開口部
B	ロータリーシャッター幕
C	ロータリーシャッター幕の回転軸
D1, D2	ギア
CG	CCDカバーガラス
E	観察者眼球
G1	第1レンズ群
G2	第2レンズ群(第1移動レンズ群)
G3	第3レンズ群(第2移動レンズ群)
G4	第4レンズ群
G5	第5レンズ群
I	撮像面
L11	物体側に凸面を向けた負メニスカスレン
ズ	
L12	両凸正レンズ
L12'	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L21	両凹負レンズ
L22	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L31	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L31'	両凸正レンズ

L32	物体側に凸面を向けた負メニスカスレン
ズ	
L32'	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L33	両凸正レンズ
L33'	物体側に凸面を向けた負メニスカスレン
ズ	
L41	物体側に凸面を向けた負メニスカスレン
ズ	
L41'	両凹負レンズ
L41''	物体側に凹面を向けた負メニスカスレン
ズ	
L41'''	物体側に凹面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L41''''	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L42	両凸正レンズ
L42'	物体側に凹面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L42''	物体側に凹面を有し像側に平面を有する
負レンズ	
L51	両凸正レンズ
L52	両凹負レンズ
R1	反射光学素子
S	開口絞り
1A, 1B, 1C, 1D	開口
10	ターレット
11	回転軸
40	デジタルカメラ
41	撮像光学系
42	撮影用光路
43	ファインダー光学系
44	ファインダー用光路
45	シャッター
46	フラッシュ
47	液晶表示モニター
49	CCD
50	カバー部材
51	処理手段
52	記録手段
53	ファインダー用対物光学系
55	ボロプリズム
57	視野枠
59	接眼光学系
103	制御系
104	撮像ユニット
112	対物レンズ
113	鏡枠
114	カバーガラス
160	撮像ユニット

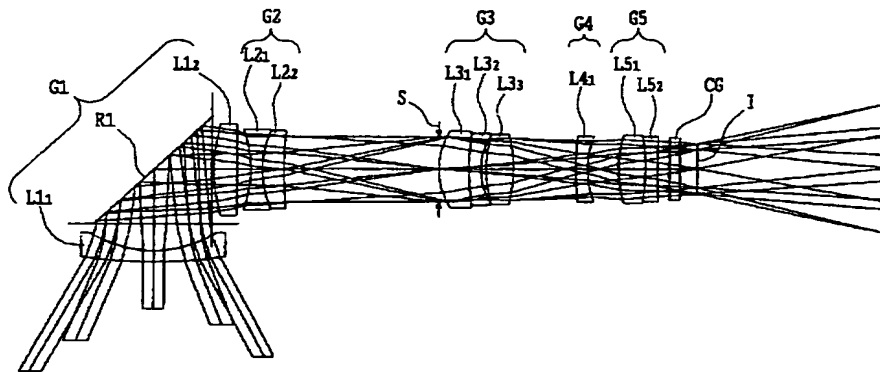
77

78

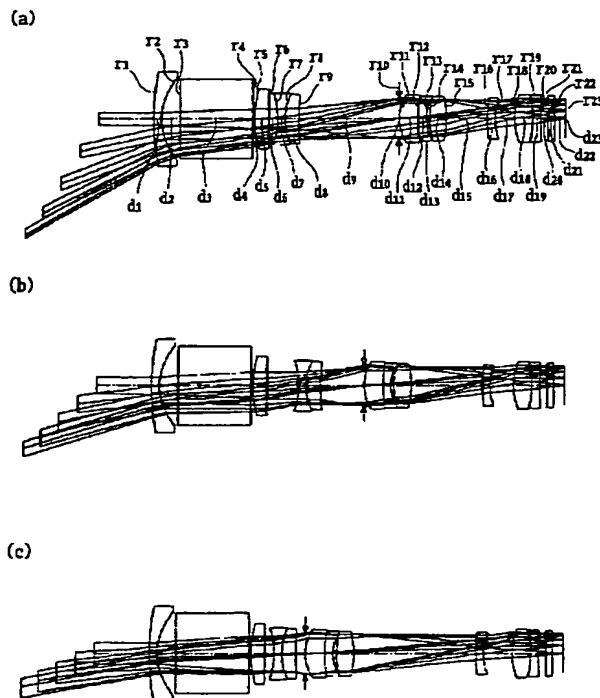
162 撮像素子チップ
 166 端子
 300 パソコン
 301 キーボード
 302 モニター
 303 撮影光学系
 304 撮影光路
 305 画像

400 携帯電話
 401 マイク部
 402 スピーカ部
 403 入力ダイヤル
 404 モニター
 405 撮影光学系
 406 アンテナ
 407 撮影光路

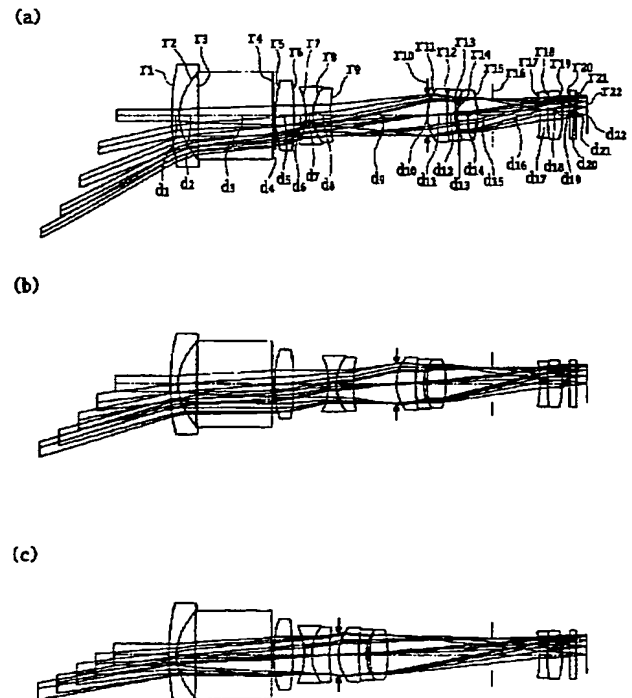
【図1】



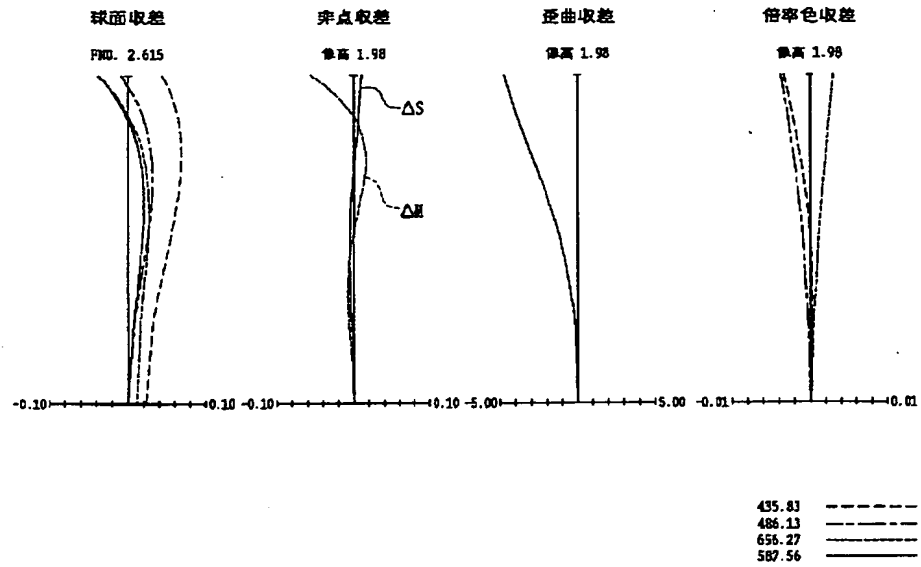
【図2】



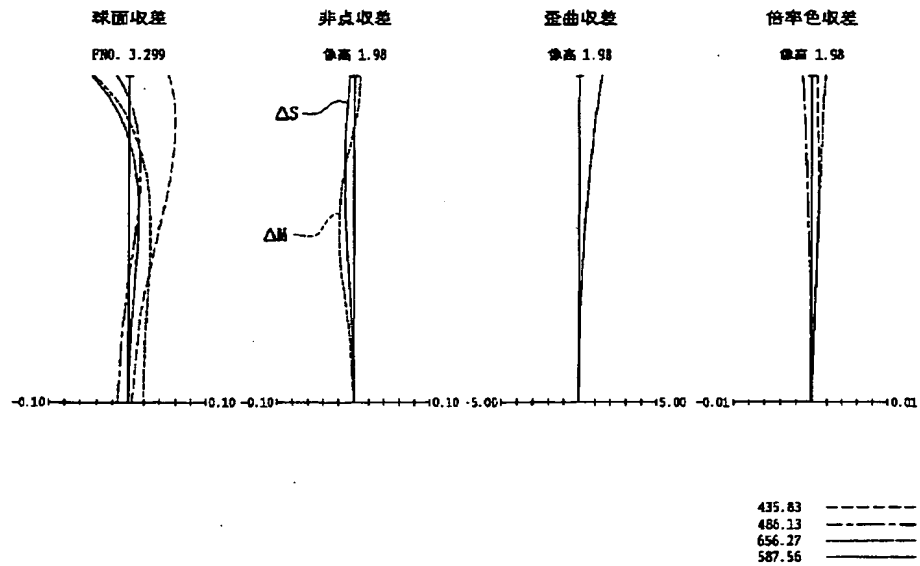
【図10】



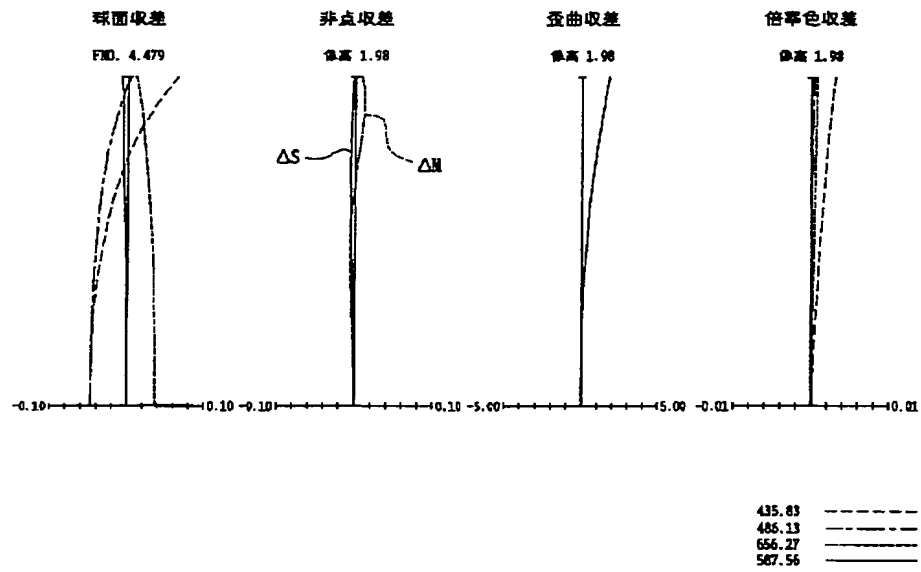
【図 3】



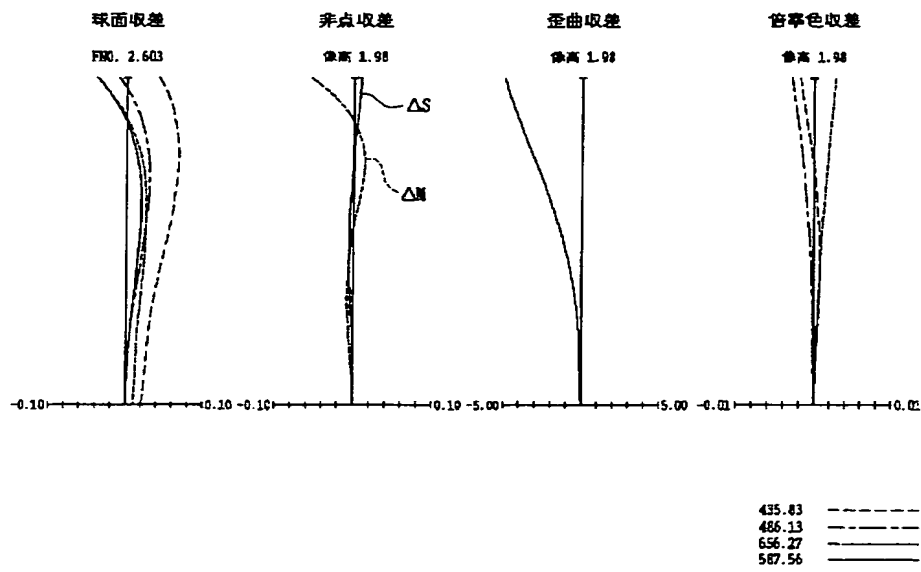
【図 4】



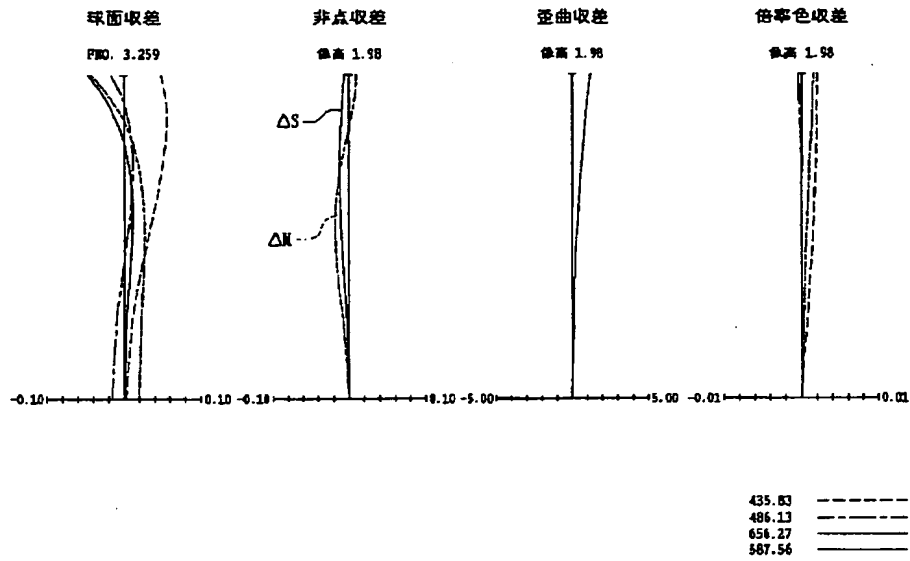
【図5】



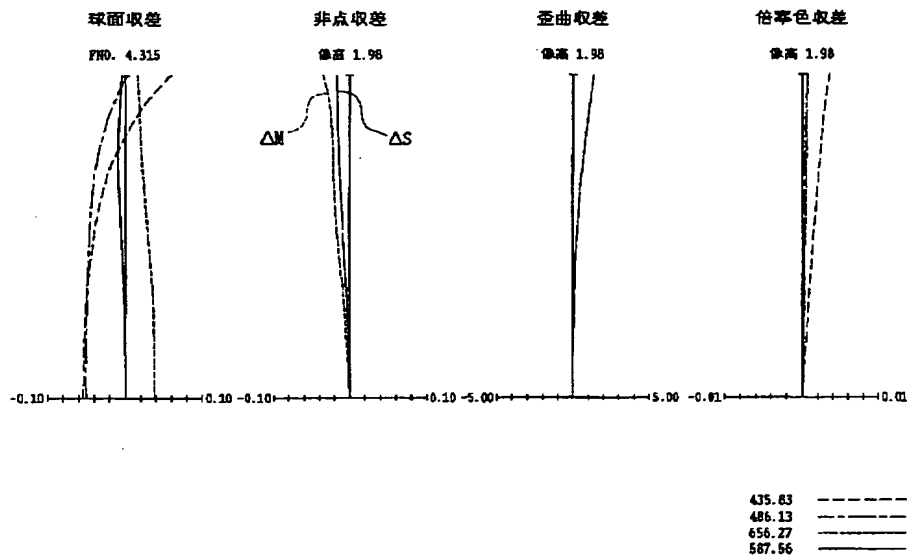
【図6】



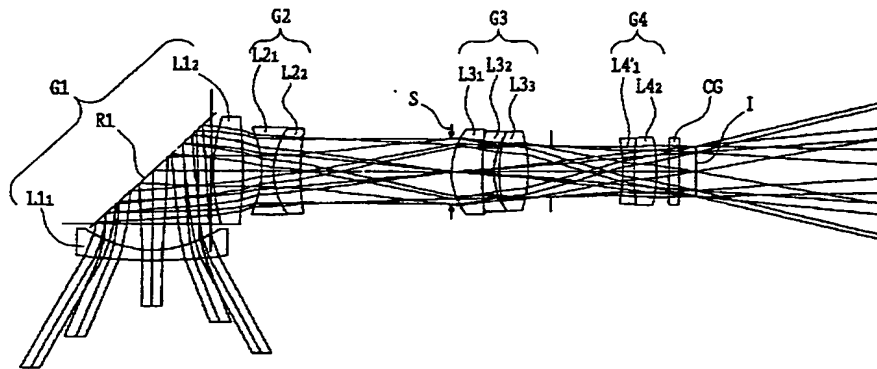
【図 7】



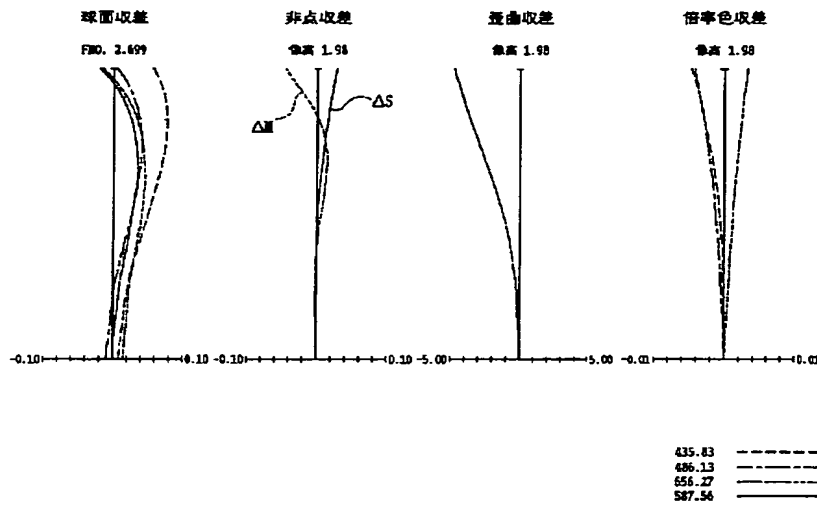
【図 8】



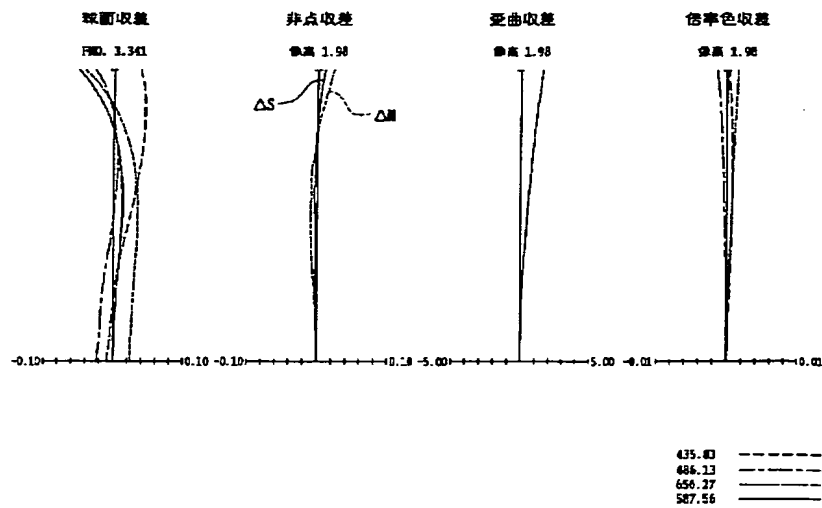
【図 9】



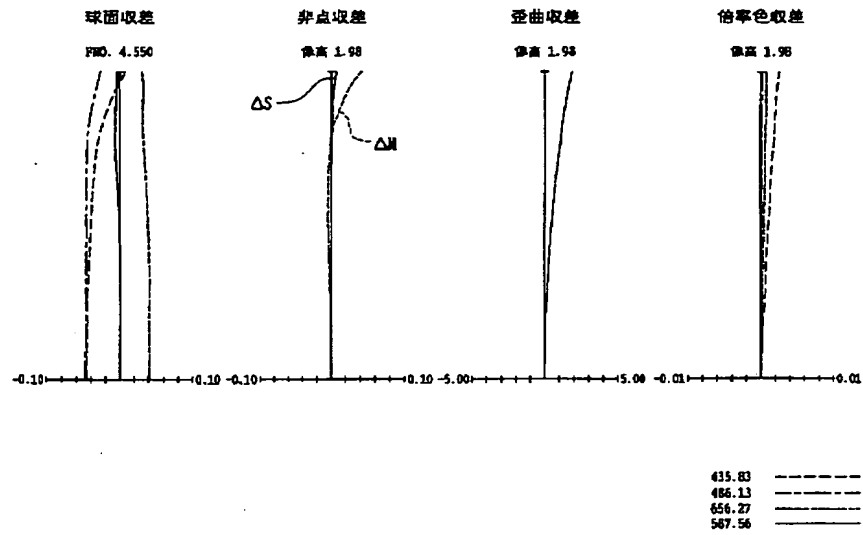
【図 11】



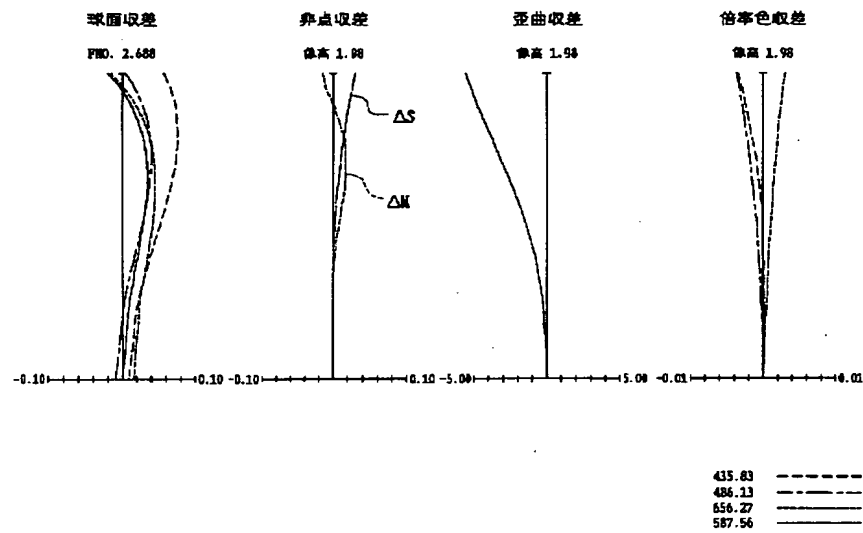
【図 12】



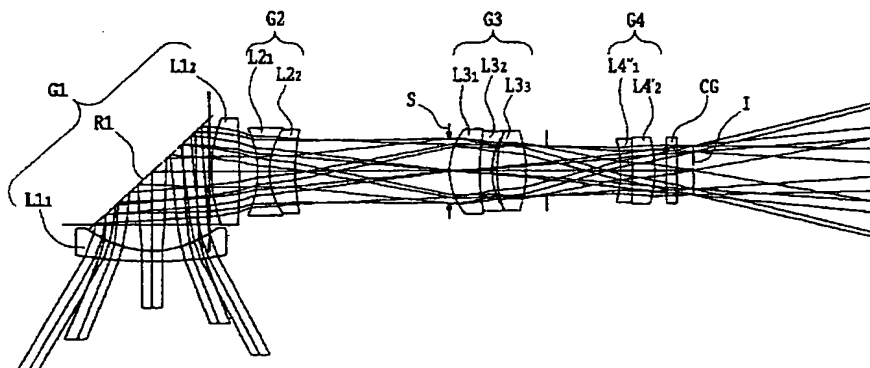
【図 13】



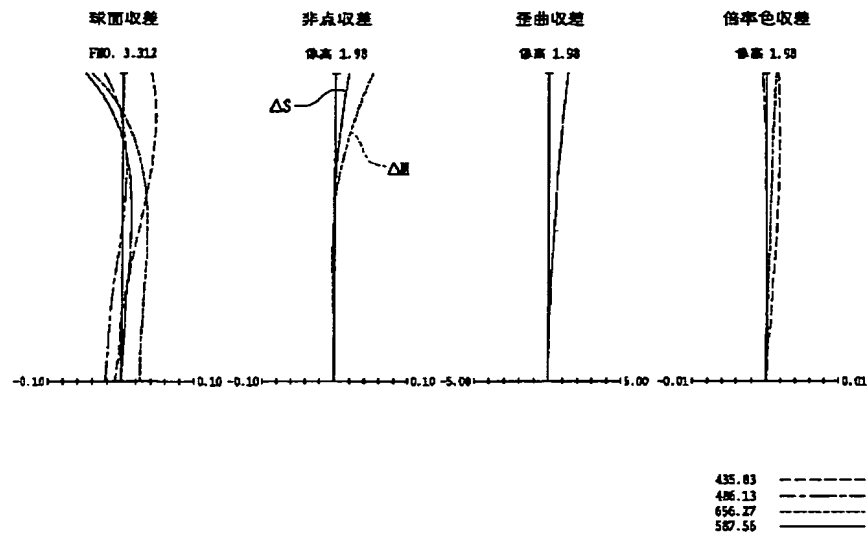
【図 14】



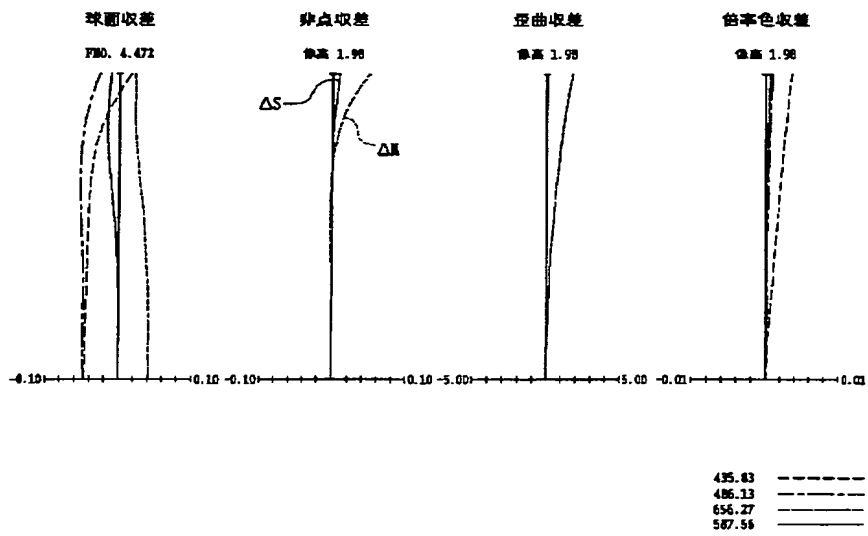
【図 17】



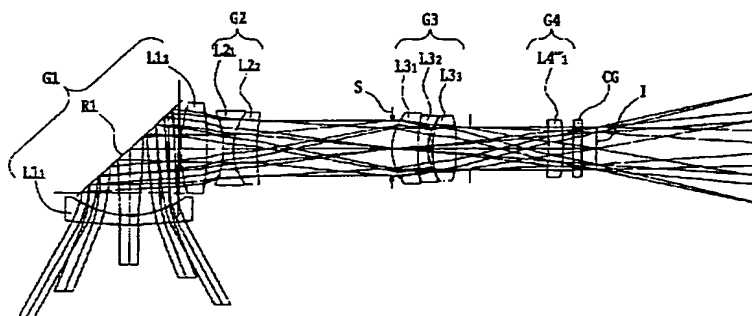
【図15】



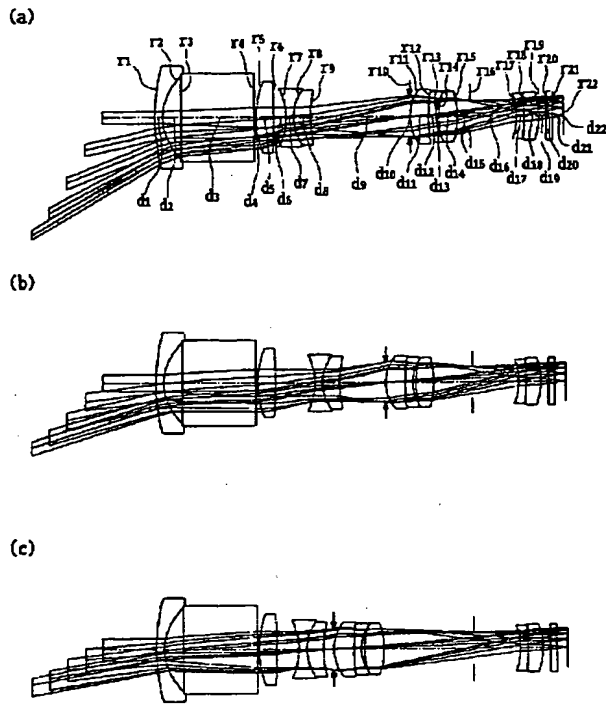
【図16】



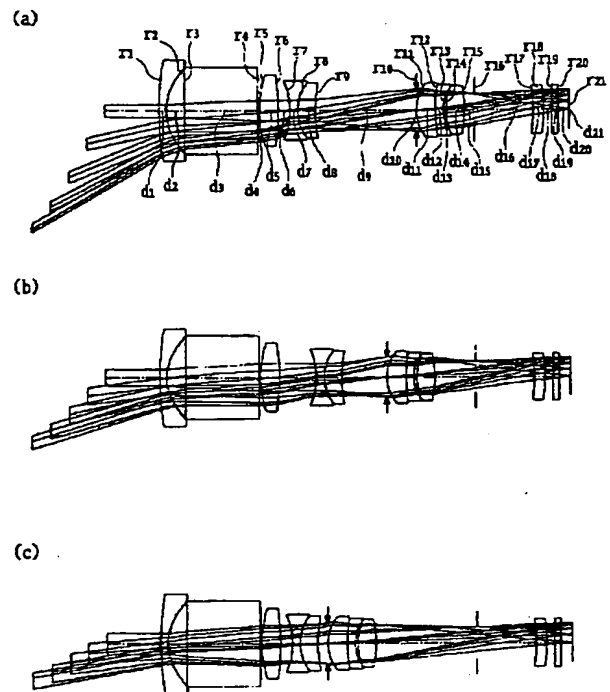
【図19】



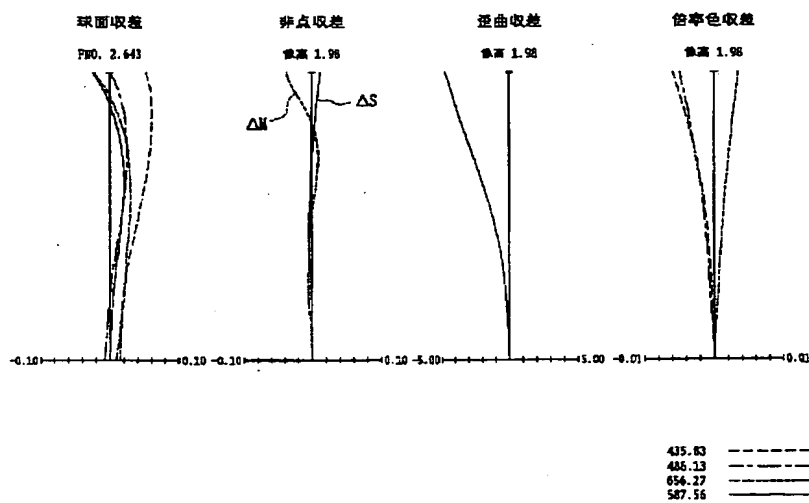
【図18】



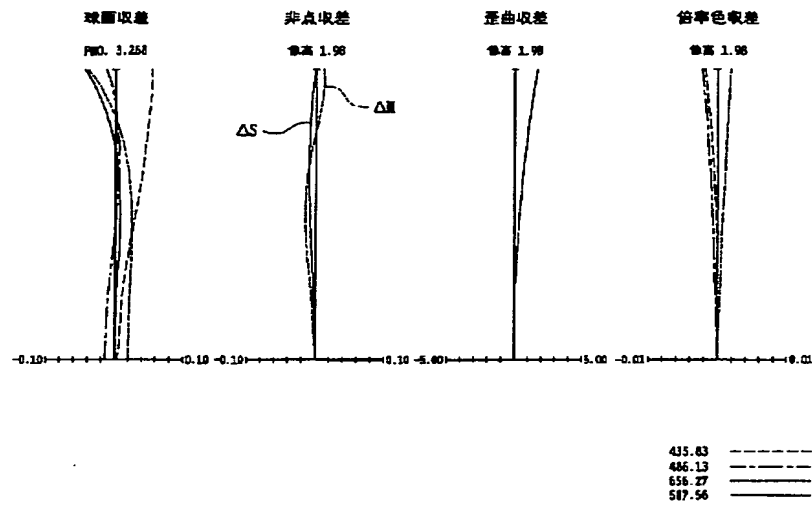
【図20】



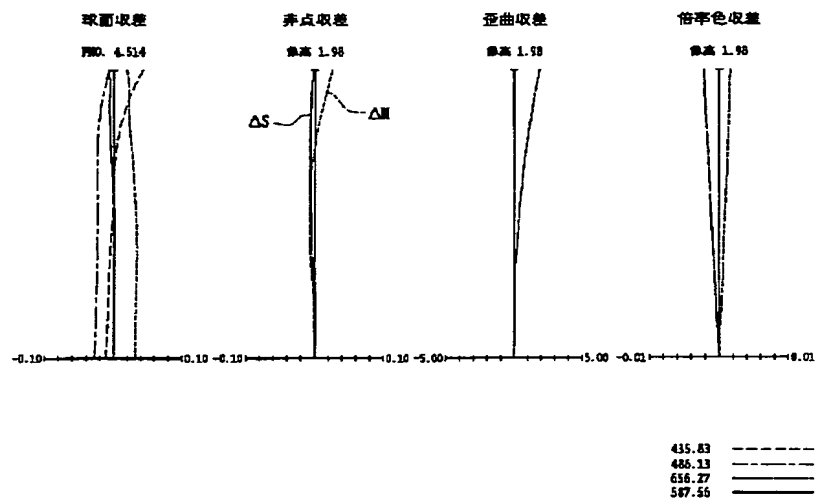
【図21】



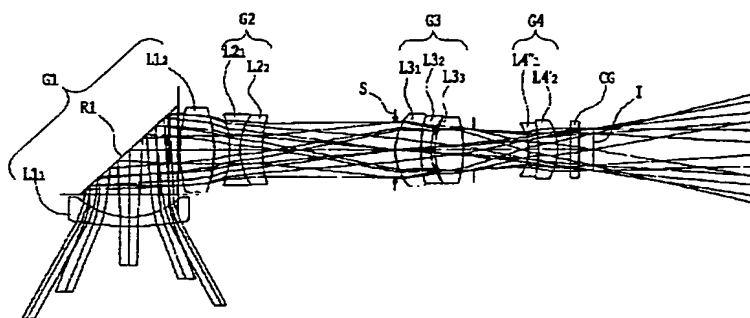
【図 22】



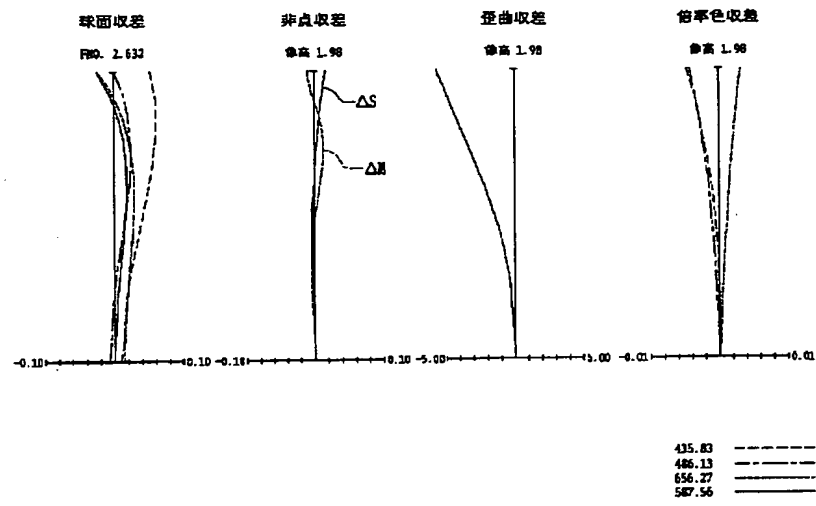
【図 23】



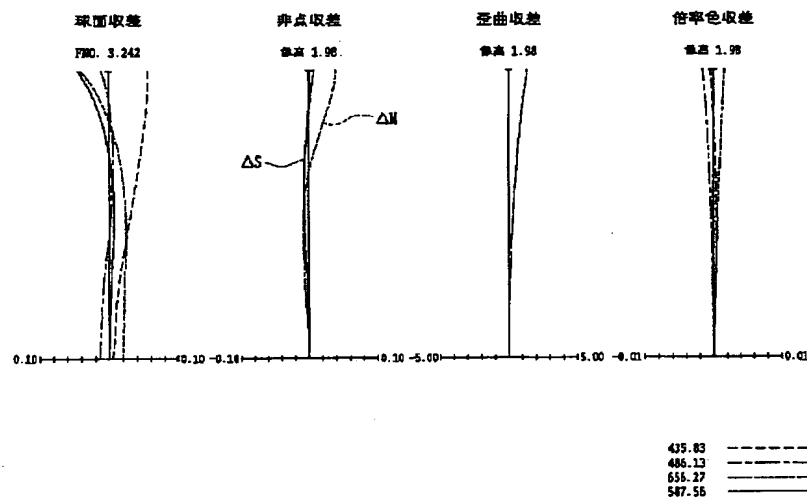
【図 27】



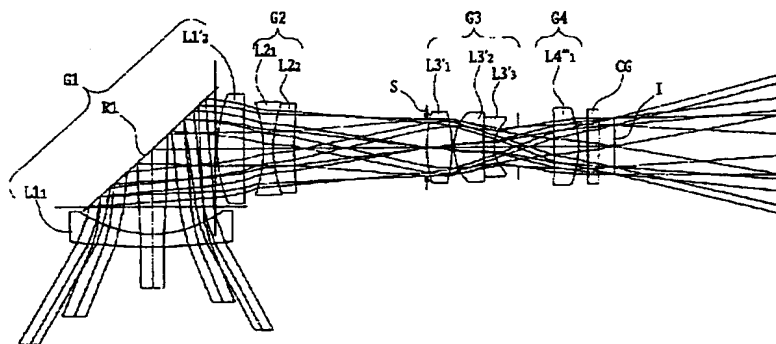
【図24】



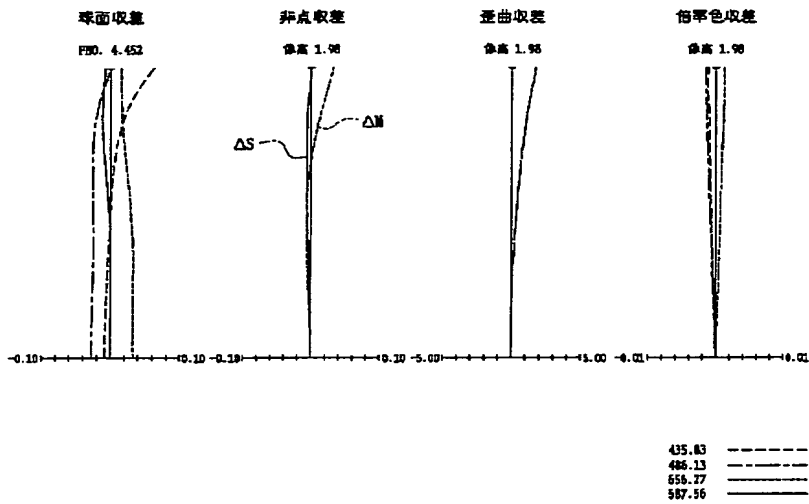
【図25】



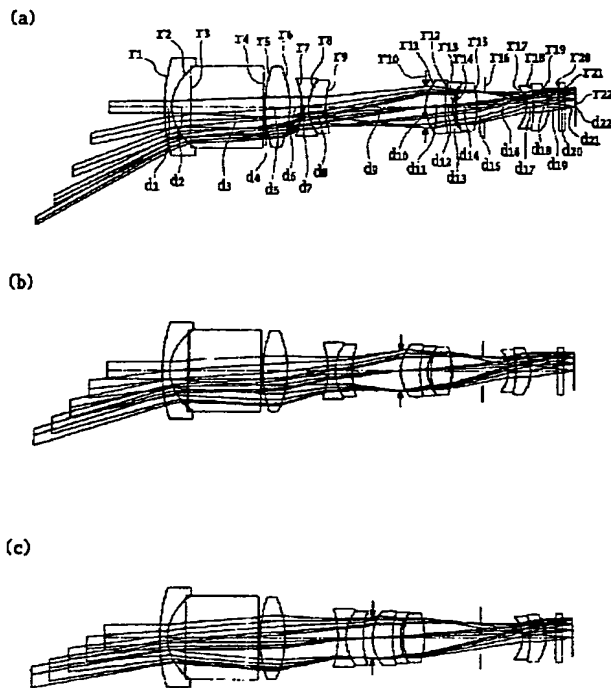
【図35】



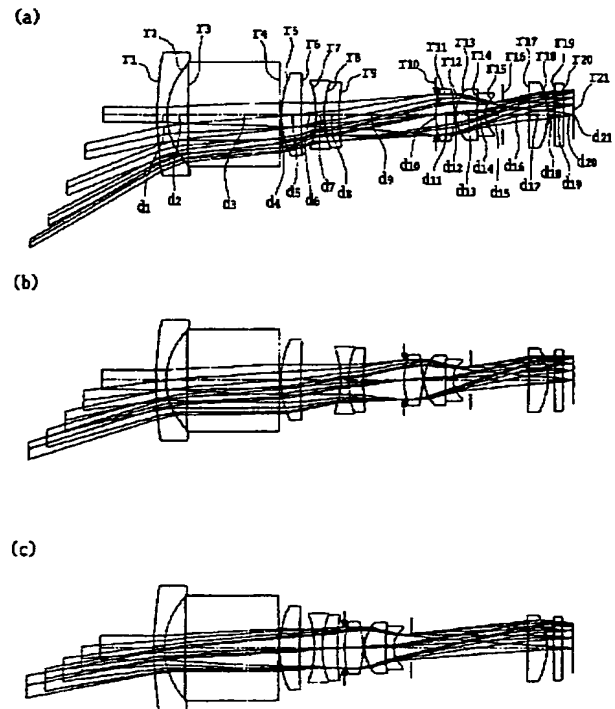
【図 26】



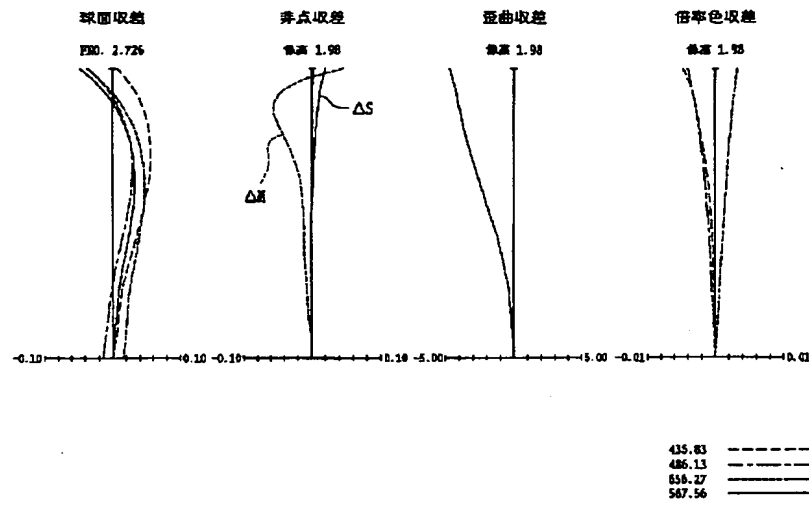
【図 28】



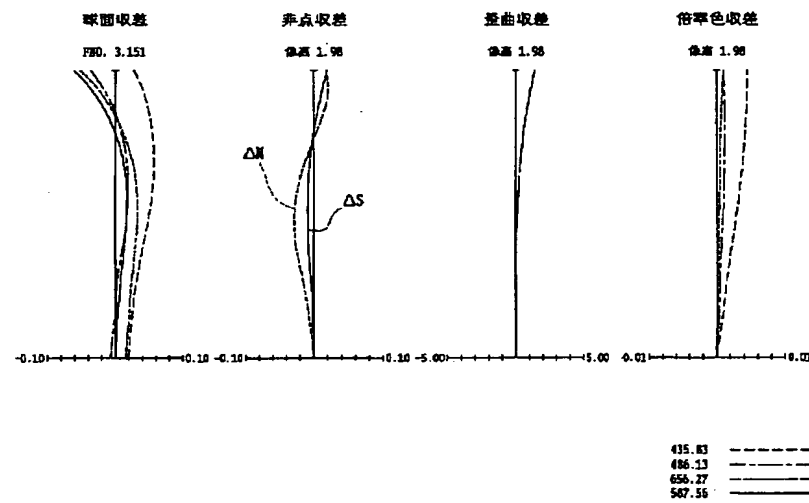
【図 36】



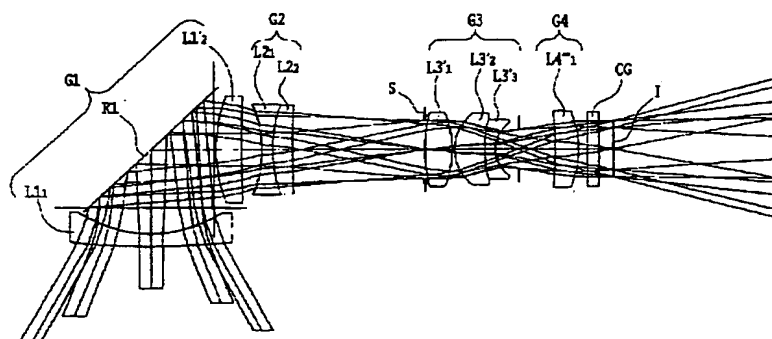
【図29】



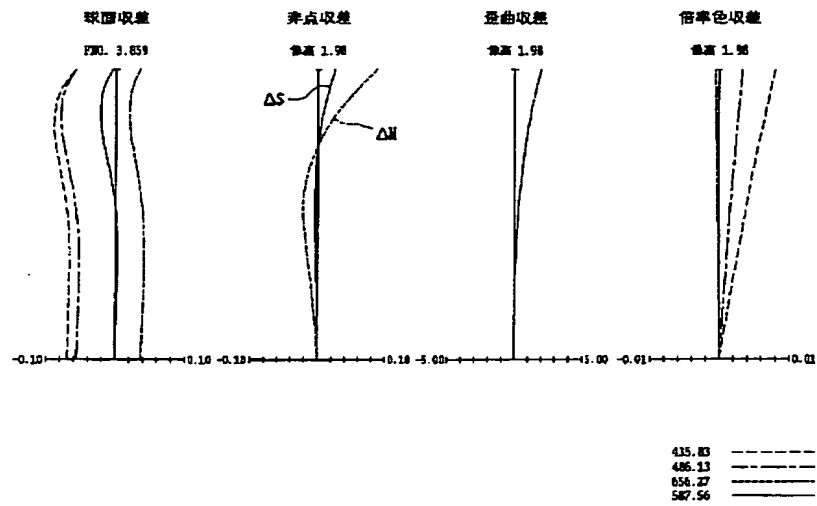
【図30】



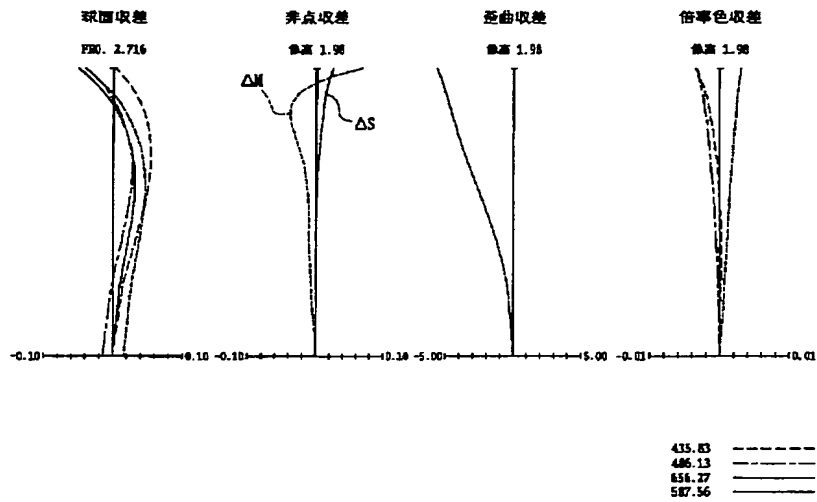
【図43】



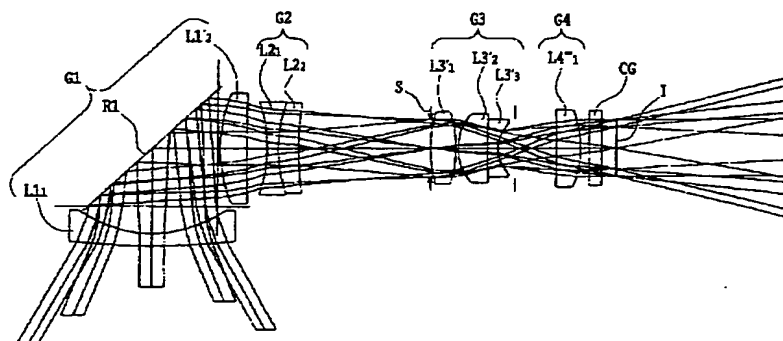
【図 3 1】



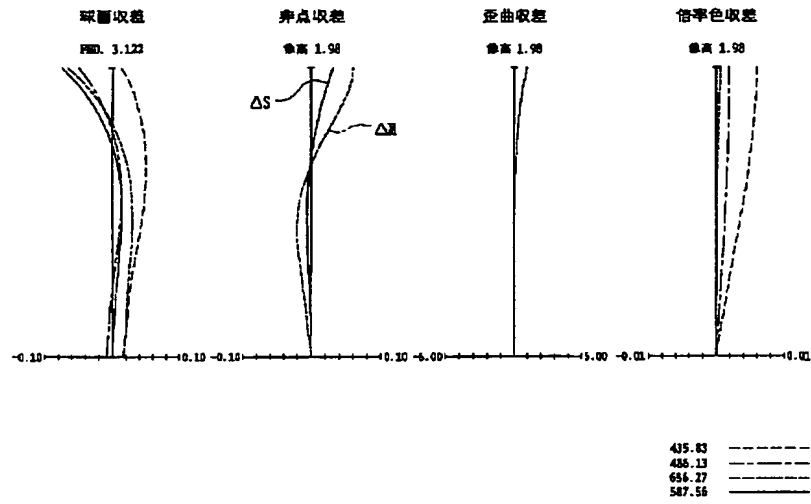
【図 3 2】



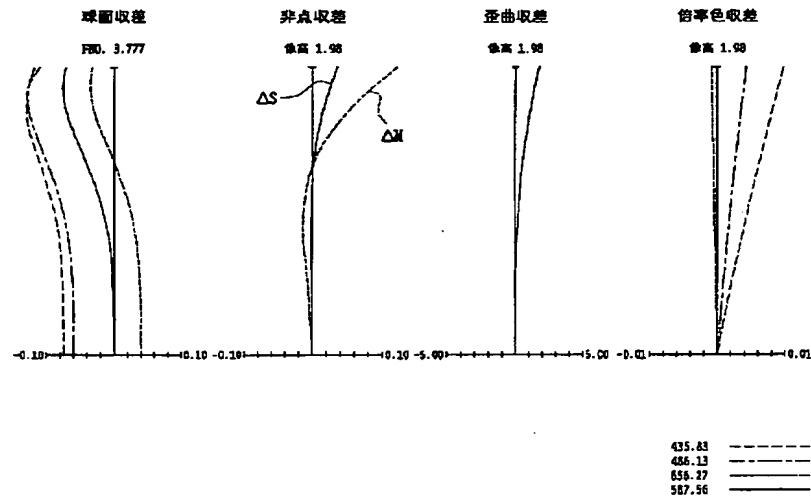
【図 4 5】



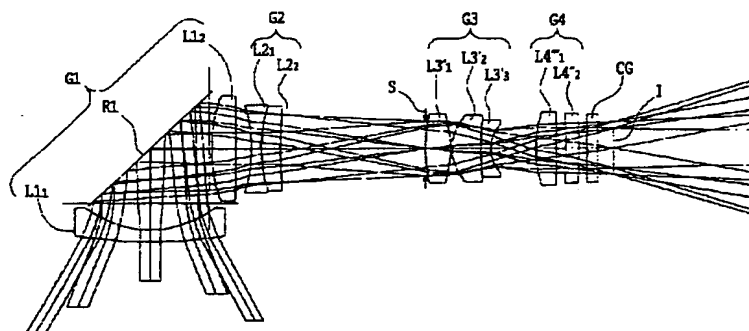
【図33】



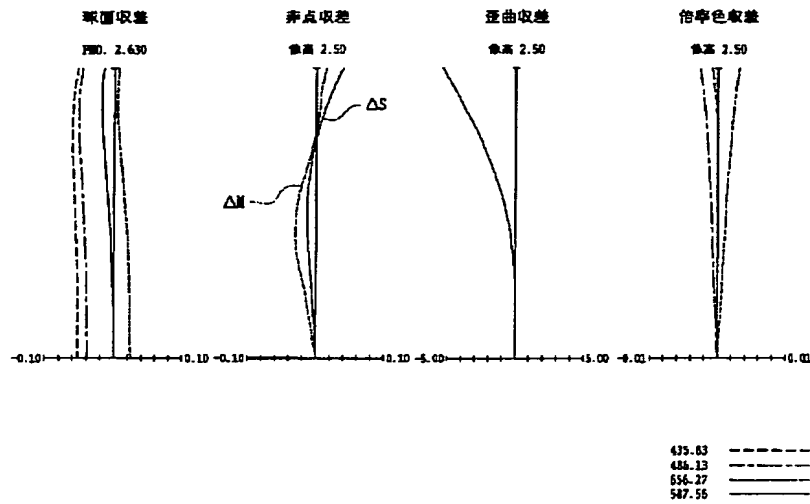
【図34】



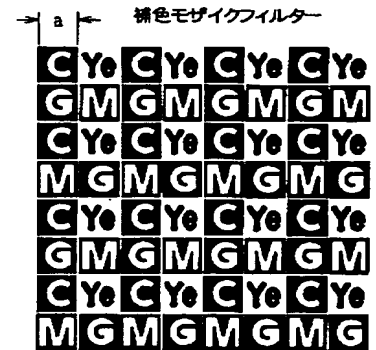
【図47】



【図 37】

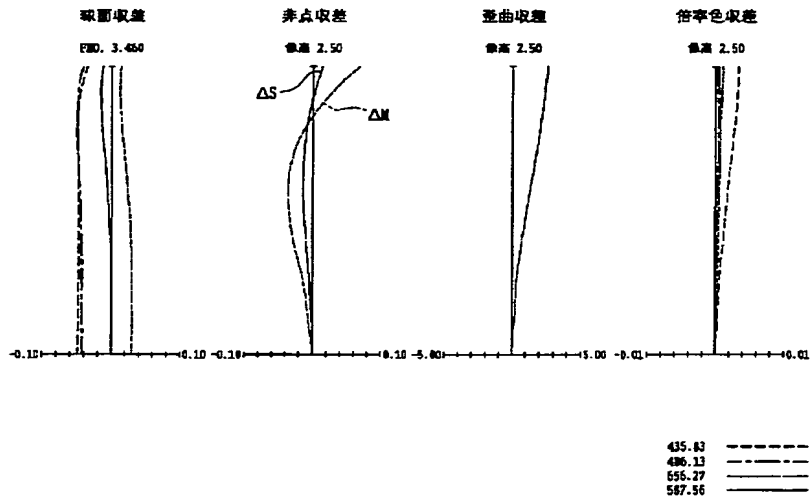


【図 58】

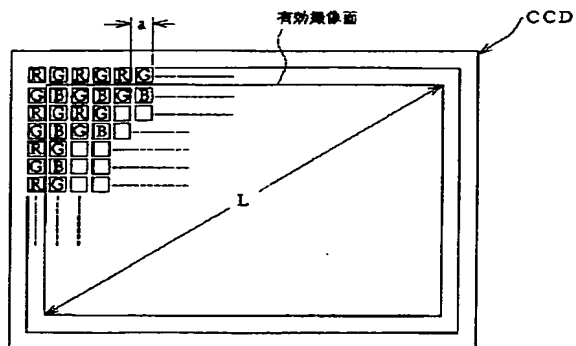


C : シアン M : マゼンタ
Ye : イエロー G : 緑

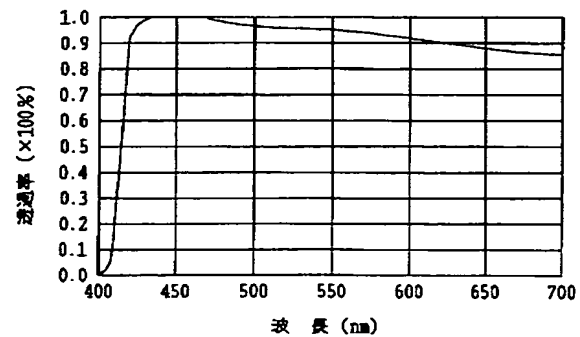
【図 38】



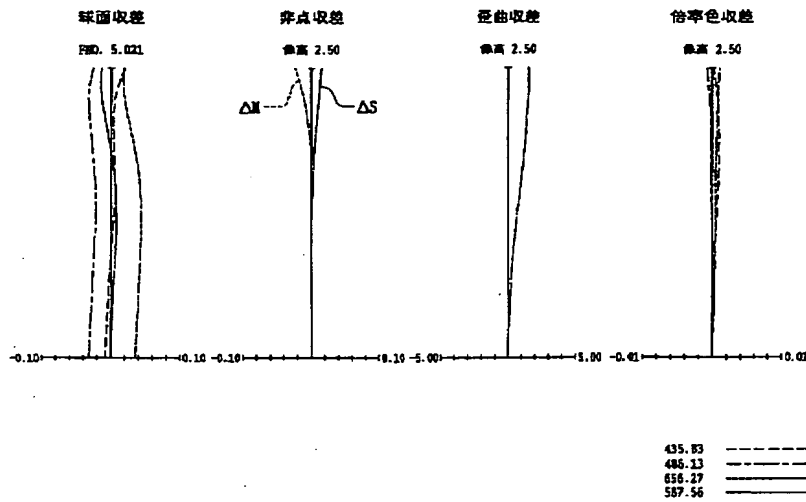
【図 55】



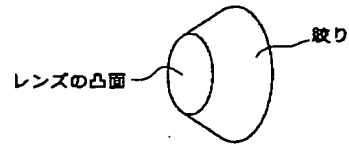
【図 57】



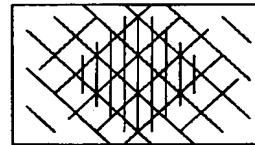
【図39】



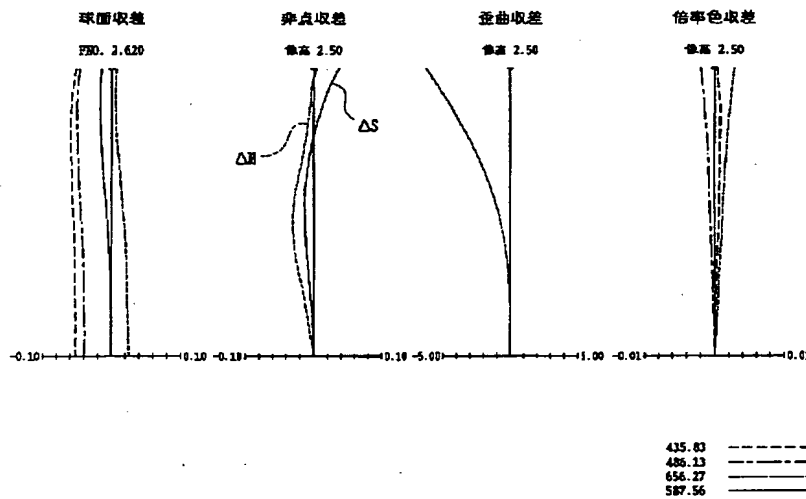
【図60】



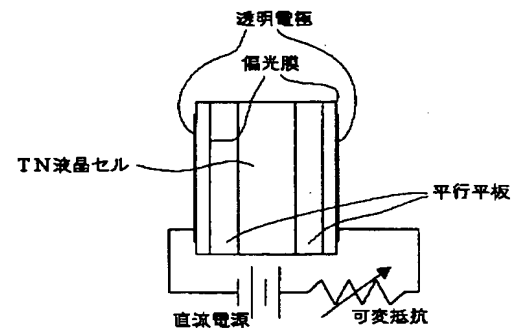
【図63】



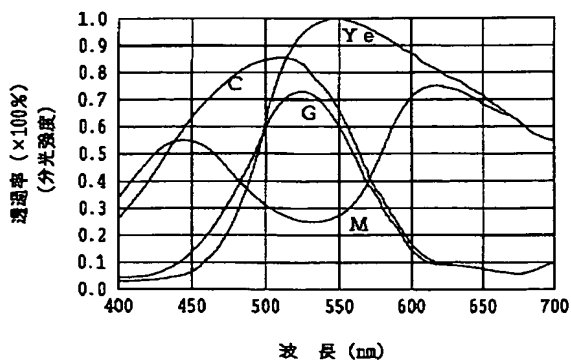
【図40】



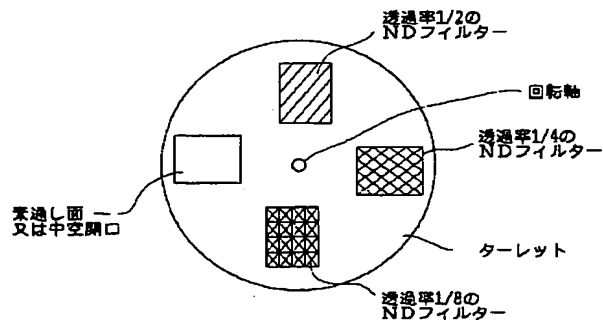
【図64】



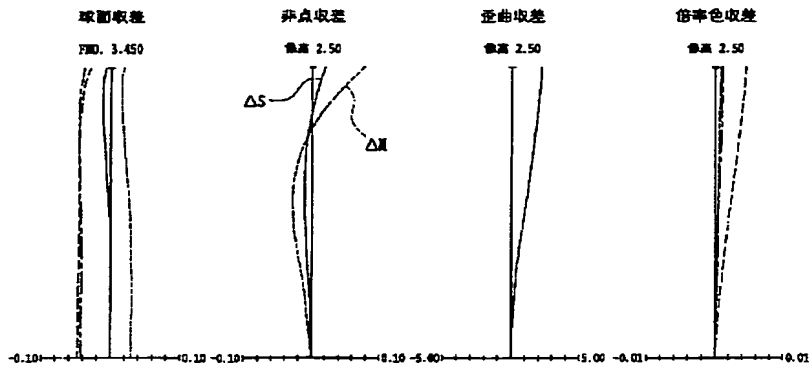
【図59】



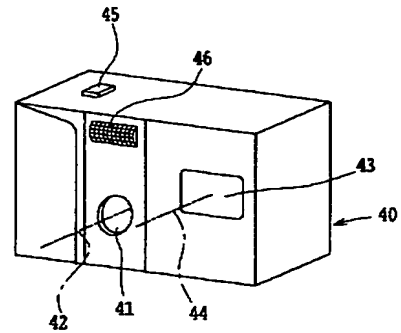
【図61】



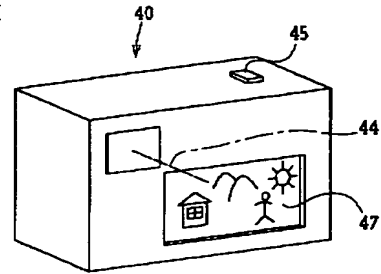
【図 41】



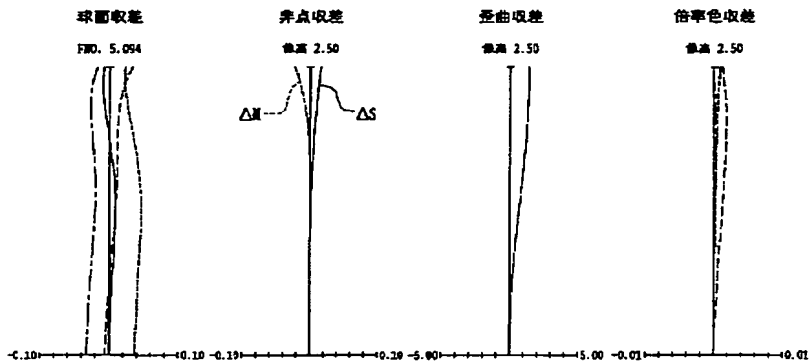
【図 67】



【図 68】

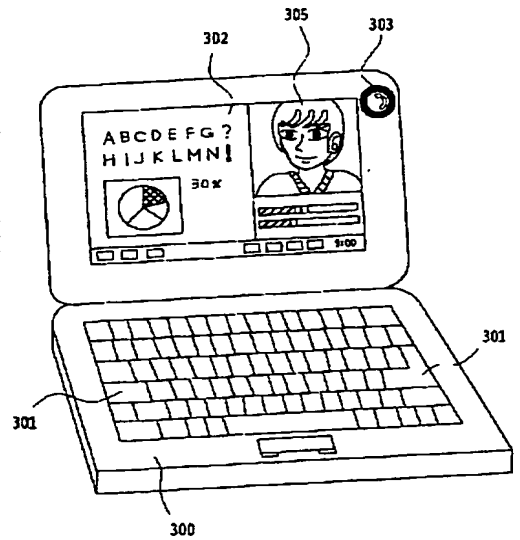


【図 42】

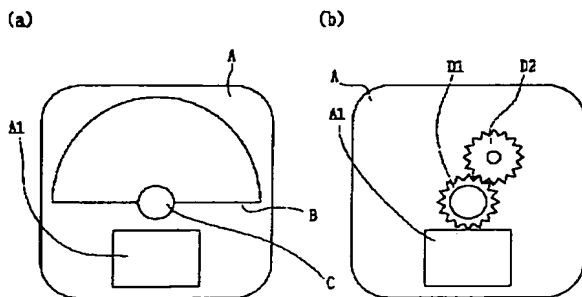


435.83
486.13
656.27
587.56

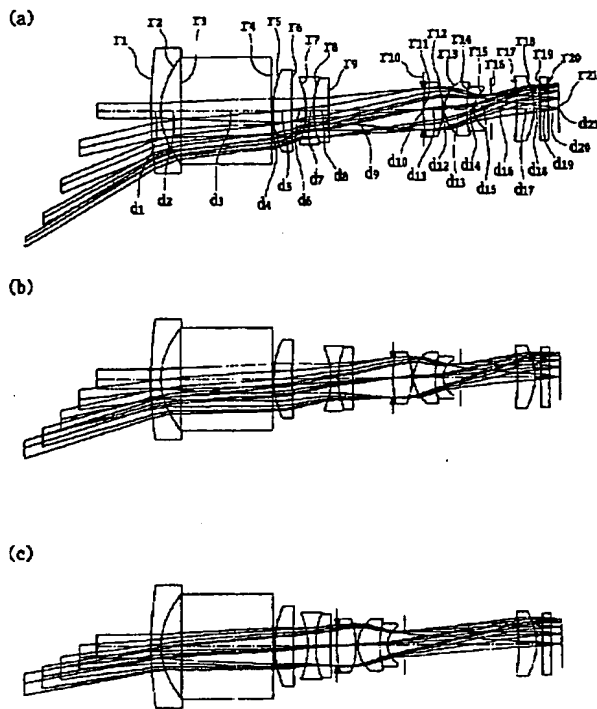
【図 70】



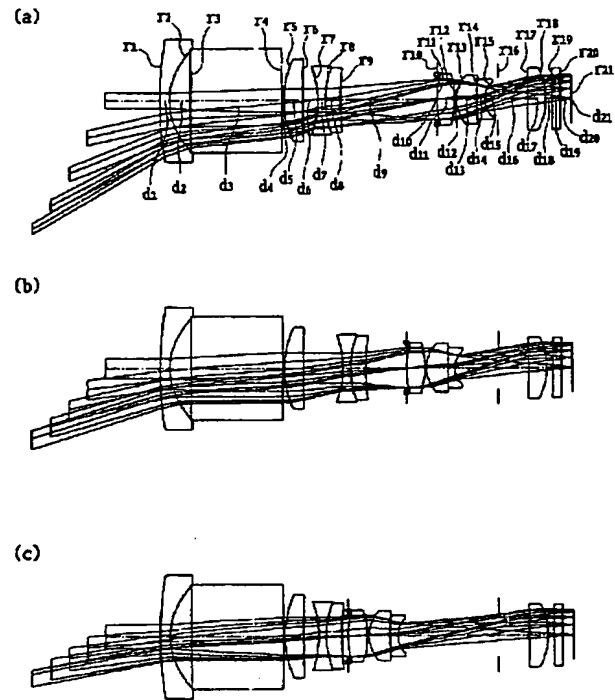
【図 65】



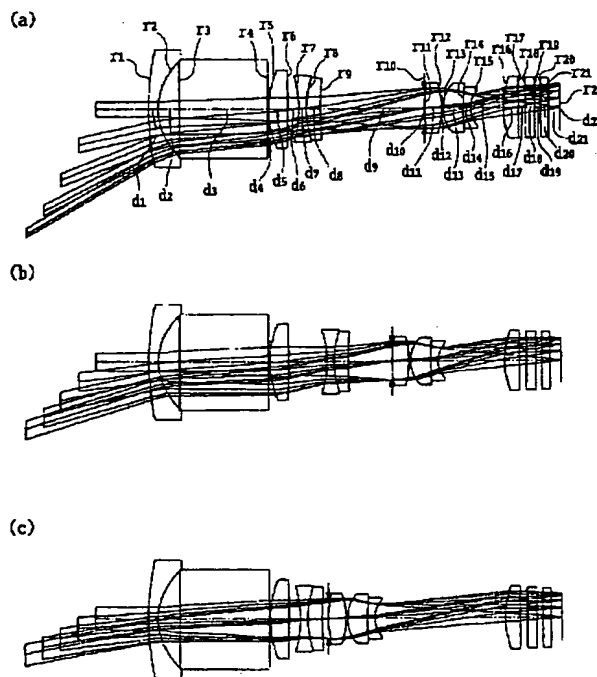
【図44】



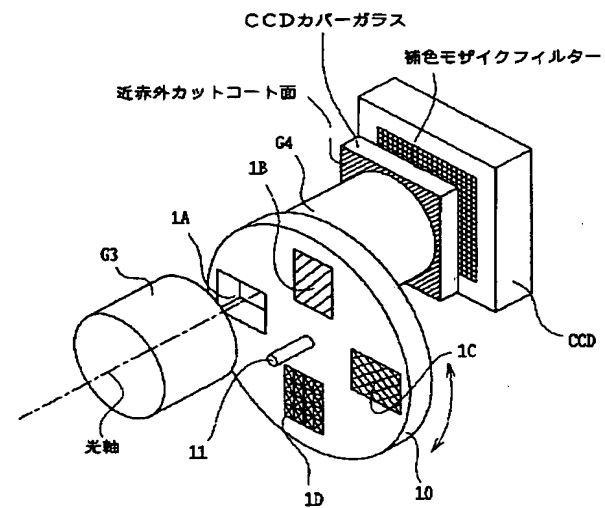
【図46】



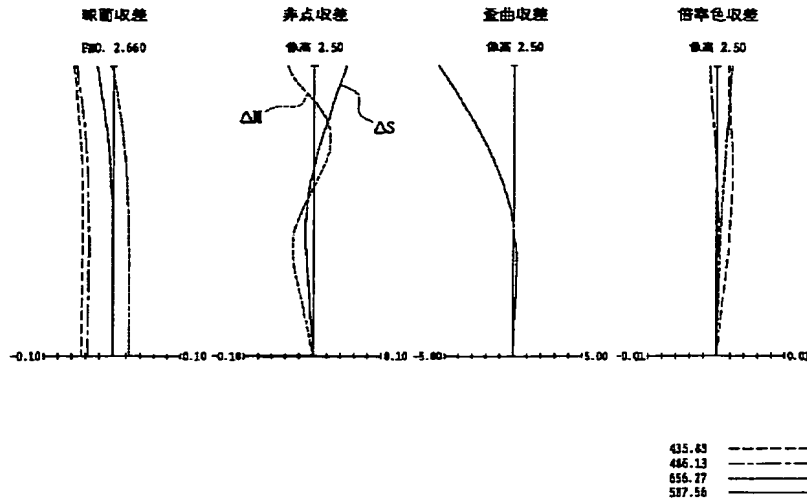
【図48】



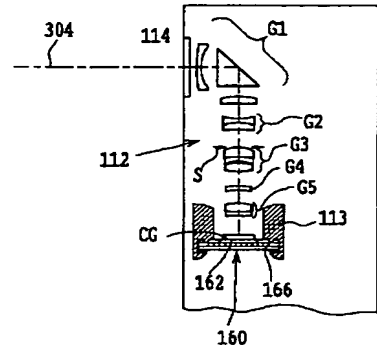
【図62】



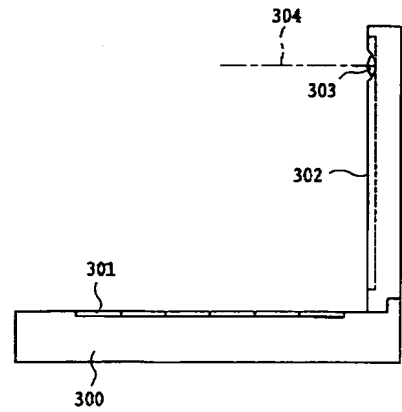
【図 49】



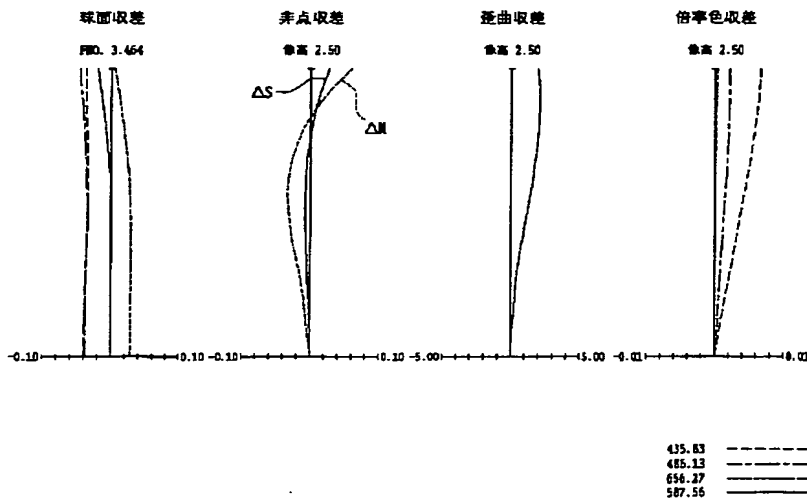
【図 71】



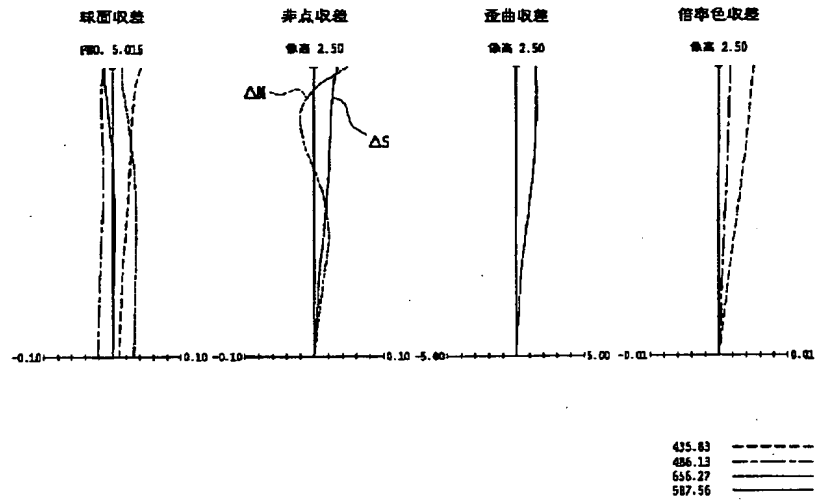
【図 72】



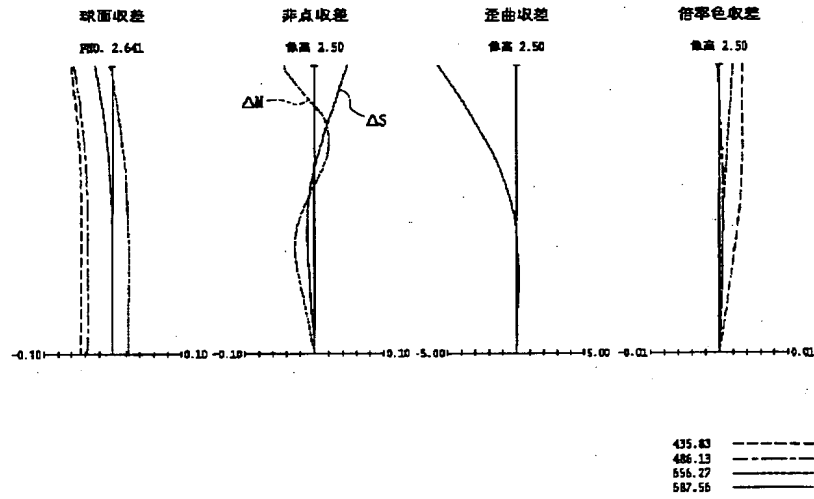
【図 50】



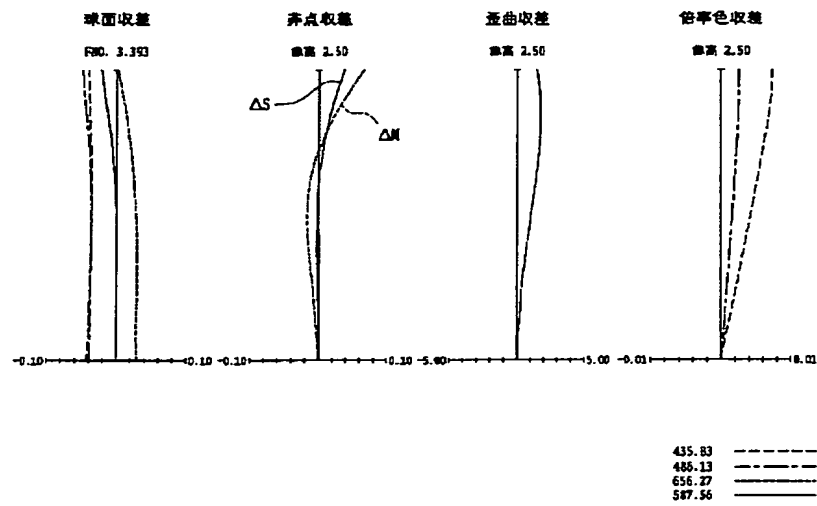
【図 5 1】



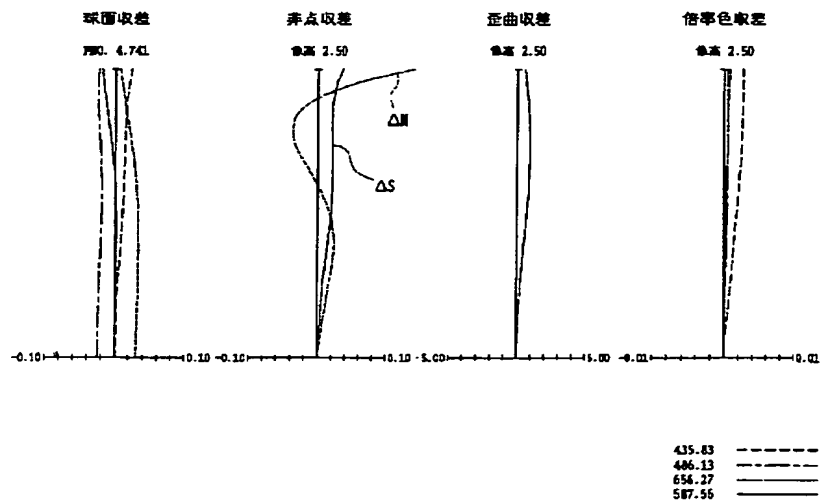
【図 5 2】



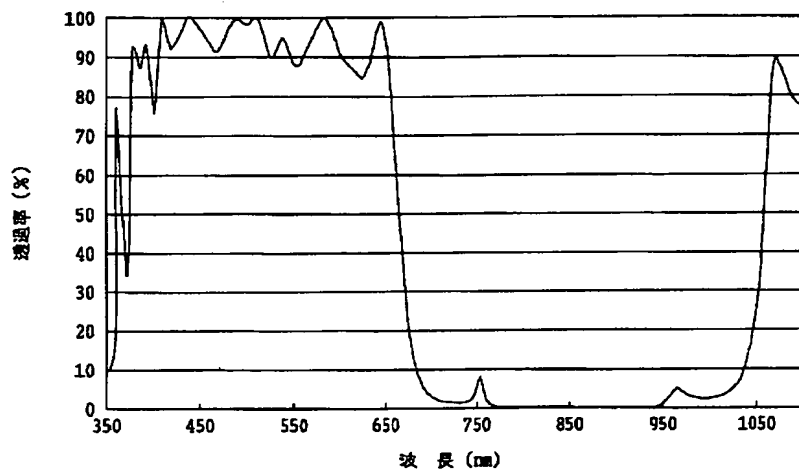
【図 5 3】



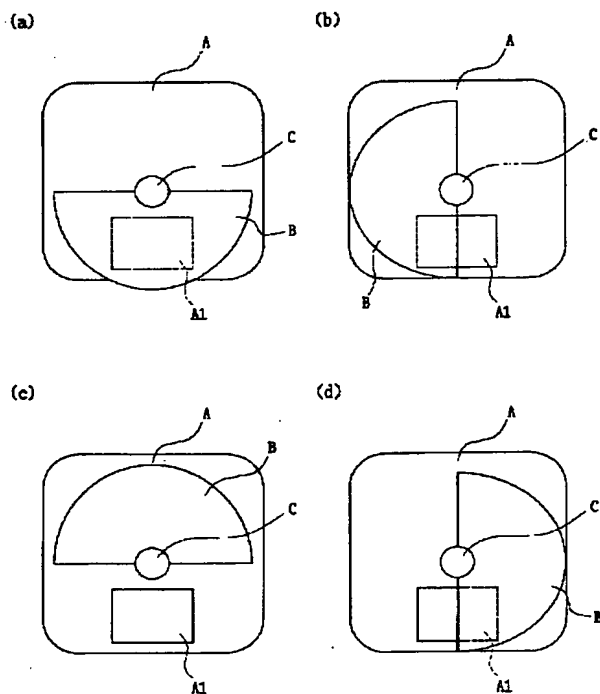
【図 5 4】



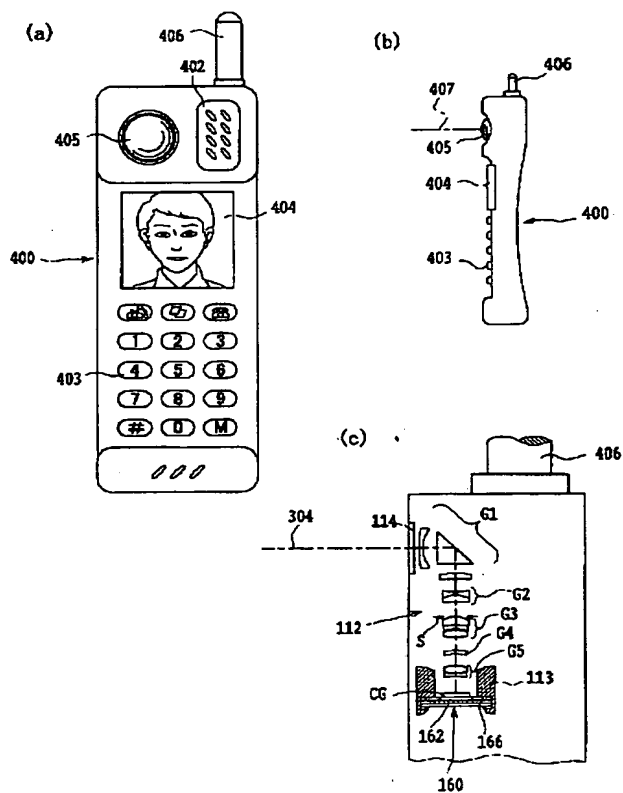
【図56】



【図66】



【図73】

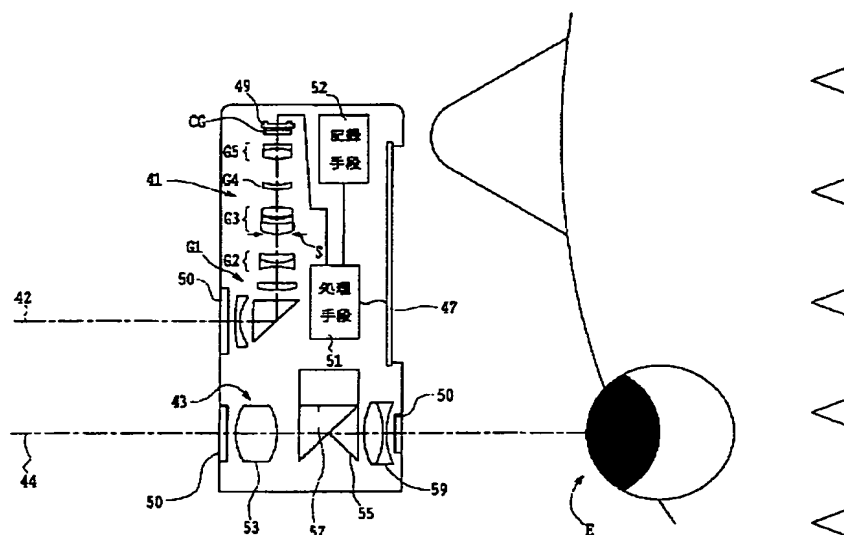




(62)

特開2003-329930

【図69】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA02 PA07 PA20 PB10
QA02 QA06 QA17 QA21 QA26
QA39 QA41 QA46 RA01 SA63
SA64 SA65 SA72 SA76 SB03
SB13 SB24 SB32 SB43 TA01
TA03 TA08
5C022 AB66 AC42 AC54 AC65 AC66
AC69 AC74 AC78